مختصر العلوم الهندسية

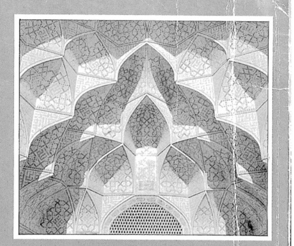
الجزء الخامس

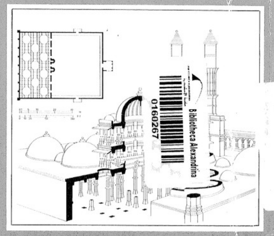
وقاية المباني
من الحريق وإجراءات السلامة

إعداد المهندس المعمار

عماد تنبكجي

دار دمشق







مختصر العلوم الهندسية
الجزء الخامس

وقاية المباني من الحريق

وإجراءات السلامة

- أنظمة البناء ومفهوم الأمان الإنشائي.
- الأخطار الناجمة عن حركة المبنى ووسائل الحماية منها.
- الأخطار الناجمة عن الحريق ووسائل الحماية منها.



إعداد المهندس
عماد محمد عدنان تنبكجي

الطبعة الاولى
١٩٨٨

سلسلة : مختصر العلوم الهندسية (٥)

الكتاب : وقاية المباني من الحريق وإجراءات السلامة

اعداد : المهندس عماد عدنان تنبكجي
الطابع : مطبعة الشام
عدد الطبع : ٢٠٠٠ نسخة
الناشر : دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع
دمشق ـ سوريا : شارع بور سعيد هاتف: ٢١١٠٢٢ ـ ٢١١٠٤٨ ص.ب
٥٣٧٢ تلكس ٤١٢٥٣٨ زينه

● المقدِّمة :

هناك ثلاثة مظاهر للأمان الإنشائي ، حاولنا جمعها وتوضيحها معاً ، في هذا الجزء من أجزاء السلسلة . تناول الفصل الأوّل ، أنظمة وتشريعات البناء ، والوقوف علىٰ مفهوم الأمان الإنشائي ، وتحليل نظمه . اهتمّ الفصل الثاني بحركة المنشأة ، جرّاء تعرّضها لتغيّرات طارئة علىٰ الحمولة المفروضة ، أو نتيجة تغيّرات تحدث في خصائص طبيعة البيئة المحيطة بالمنشأة . إنّ الدراسات هذه ، لا تدّعي مناقشة تفاصيل تقنيّات الوصل ما بين العناصر ، بل إنّ ما تناقشه ، هو المصادر المحتملة ، الداعية لحركة المبنىٰ ، والتي لا بدّ من الإهتمام بها ، ونحن بصدد أيّ تصميم إنشائي .

تناول الفصل الثالث ، طرق حماية المنشآت من الحريق ، ووسائل الحؤول دون إنتشاره . تناولنا البحث هذا ، بشكل عام ، كما فصّلنا ما يناسب كلّ مادة إنشائيّة علىٰ حدىٰ ، من وسائل الحماية المنصوص عنها ، في تشريعات وأنظمة البناء . الحقت بالدراسة هذه ، جداول معلومات توضيحيّة ، تناولت تفاصيل ومتطلّبات حماية العناصر الإنشائيّة ، المشادة من مواد الإنشاء الرئيسيّة ؛ من أخطار الحريق ، وهي عناصر لواحدة من منشآت أربع : بيتونيّة ، معدنيّة ، خشبيّة ، وحجريّة .

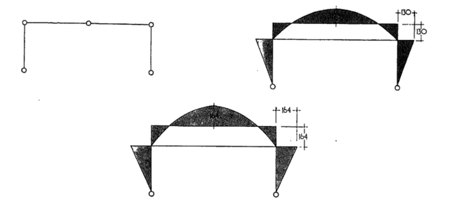
لم يسبق مطلقاً ، لكثير من المعلومات والمقالات ، الواردة في هٰذا الجزء ، أن نشرت في كتيّب متخصّص قبل الآن ، إضافة إلىٰ أنّ هذه المعلومات ، هي أحدث ما توصّل إليه من معلومات ، في مجال التصميم وفق إجراءات السلامة .

الفصل الأول

أنظمة البناء ومفهوم الأمان الإنشائي .

● المقدّمة :

تساعد الدراسة هذه ، في استثارة الفكر ، وفي جعل التصميم ، أقرب ما يكون إلى التصميم الآمن ، الحاوي على كافّة متطلّبات السلامة . تعالج الدراسة هذه ، نظرّية السلامة التقليديّة ، وتلك الحديثة ، كما تجري مقارنة فيما بينهما ، من خلال أمثلة عمليّة .



● التشريع العمراني :

ـ **1.01** : إنّ تعليمات وأنظمة البناء ، هي المسؤولة مباشرة ، علىٰ احتواء التشريعات المتعلّقة بالمنشأة ، كما تعد أنظمة التنفيذ ، مسؤولة بطريقة غير مباشرة عن ذلك ، من خلال مجموعة من التعليمات ، تصف بها متطلّبات عامّة ، تتحقّق من خلالها أمان المنشآت ، بأشكالها المختلفة . ففي بريطانيا مثلاً ، وفيها عدا مدينة لندن العاصمة ، تخوّل الجهات المحليّة المختصّة ، بإصدار مثل هذه التعليمات ، ولا يرخّص للتصميم ، ما لم يصدِّق عليه مهندس مختص ، من هؤلاء العائدين لملاك الدائرة هذه ، حيث يوافق المهندس المختص ، علىٰ طريقة الحسابات ، وعلىٰ الرسومات التنفيذيّة . يمكن للمهندس مراجعة الرسومات والحسابات هذه ، في مكتبه الخاص ، كما يمكن له ، أن يستخدم لذلك ، طاقماً من المهندسين الإستشاريين . ينبغي أن تكون الحسابات واضحة ، مختصرة ، مفهرسة ، وترتبط بالرسومات ، من خلال رموز ومصطلحات ، تسهِّل الرجوع إلىٰ الرسومات ، أثناء عمليّة تتبُّع الحسابات .

هذا ، كما يعاين مراقب البلديّة ، نوعيّة الأعمال المنفّذة ، أثناء عمليّة الإنشاء ، لتبيان مدىٰ مطابقة التنفيذ ، للمصورات التنفيذيّة المرخّصة .

ـ **1.02** : تنفّذ الأبنية ، بتدبير من مسّاحي الأقاليم ، والذي يعيِّن كلٌّ منهم ، ويوكل لمساحة خاصّة من مساحات المدينة . من مهام مساحوا الأقاليم أو البلديّات ، مراجعة الحسابات والرسومات المساحيّة ، ومعاينة الأعمال علىٰ الواقع . إنّ القوانين الداخليّة الخاصّة بأساليب التنفيذ ، العائدة لمدينة لندن ، والصادرة عام ١٩٧٢ ، كان لها المعوّل الأكبر ، في تحسين أساليب ممارسة المهنة ، وكذلك في تطوير أنظمة وتشريعات البناء .

ستكون الشروحات المدرجة في الفقرة اللاحقة ، بمثابة إشارة إلىٰ تشريعات البناء بشكل خاص ، إضافة إلىٰ كونها عرضاً منطقيّاً ، لحالة التشريعات الراهنة ، لكلٍّ من اقليمي لندن واسكوتلندا .

● قوانين وأنظمة الإنشاء :

ـ **2.01** : كانت قوانين وتشريعات البناء ، حتىٰ نيسان من عام ١٩٧٠ ، تتّسم بالبساطة النسبيّة ، حتىٰ أنّ المتطلّبات الأساسيّة ، كان بمقدورنا الإحاطة بها من خلال فقرتين اثنتين :

ـ **الفقرة الأولى** : وتنص علىٰ أنّه ينبغي أن تكون الأساسات والقواعد التأسيسيّة :

١ ـ من المتانة بما يتيح لها التحمُّل الأمين ، والنقل المجدي السوي ، للحمولات الميِّتة والمفروضة معاً ، إلىٰ أن تصل بها تربة التأسيس بشكل آمن . ينبغي أيضاً أن لا تسبِّب الحمولات الحيّة والميِّتة ، هبوطاً في التربة ، أو أيِّ حركة انزلاقيّة أخرىٰ ، يكون من نتائجها ، إفساد ثبات المنشأة ، أو تكون سبباً في تعريض جزء من المنشأة ، أو المنشأة ككل ، أو حتىٰ لأجزاء من منشأة ملاصقة أو مجاورة ، لأخطار الإنهيار أو التصدُّع .

٢ ـ ينبغي أن تكون الأساسات علىٰ عمق كاف ، أو أن تتخذ بحقِّها أثناء الإنشاء ، إجراءات تقيها أخطار الإنتفاخ ، التقلُّص ، أو تجمُّد التربة الواقعة تحت منسوب الأرض الطبيعيّة مباشرة .

٣ ـ متينة بدرجة تكفي لمقاومة أيِّ هجوم تتعرّض له ، تقوم به المركّبات الكيميائيّة ، كالكبريتات وغيرها من المواد المتسلِّلة ، أو التي تحويها الطبقة الواقعة تحت منسوب الأرض الطبيعيّة مباشرة .

ـ **الفقرة الثانية** : وتنص علىٰ أنّه ينبغي أن تصمّم وتشاد ، كافّة أجزاء المنشأة الواقعة فوق القواعد والأساسات ، بشكل يجعلها مؤهّلة لتحمُّل ونقل الحمولات الحيّة والميِّتة ، وبشكل أمين ، إلىٰ حيث مكان تواجد القواعد وأساسات المنشأة . ينبغي أن يكون مسار انتقال الحمولات ، مساراً محوريّاً ، لا يعتريه انحراف أو تشوُّه ، ولا يسبِّب إفساداً لثبات ومتانة المنشأة ، أو أيِّ جزء من أجزائها . كما ينبغي أن نبتعد عند تصميم مسار انتقال الحمولات ، عن أيِّ خطر إنشائي محتمل .

ـ 2.02 : صدر في نيسان من عام ١٩٧٠ ، التعديل الخامس ، الذي تناول إجراءات الوقاية من أخطار انهيار الأبنية ، جرّاء تعرّضها لحوادث عارضة ، حيث استثارت حادثة انهيار جزء من مبنىً مسبق الصنع ، جرّاء انفجار أنابيب نقل الغاز ، وضياع حياة العشرات ؛ عواطف الناس ، فعكف مهندسوا البلدّيات ، علىٰ وضع أنظمة وتعليمات ، تقي المباني من تأثيرات حوادث مشابهة .

ـ 2.03 : اقتضت التعليمات هذه ، علىٰ وجوب اتخاذ إجراءات مناسبة ، في المباني التي تصل ارتفاعها إلىٰ ارتفاع خمسة طوابق فأكثر ، تكفل محدوديّة تأثير أيّ عنصر مستقل من عناصر المنشأة ، نتيجة تعرّضه لحادث عارض . وبالعكس ، تنصُّ التعليمات ، علىٰ وجوب تصميم العناصر الحاملة ، بما يجعلها أهلاً لتحمُّل حمولات إضافيّة ، تصل إلىٰ حوالي (35KN/m²) ، تأتيها من أيِّ جهة من الجهات الأربع ، بما فيها الحمولات المنقولة إلىٰ العنصر ، من عناصر المنشأة الملاصقة ، والموكل لها وظائف إنشائيّة مشابهة . إضافة إلىٰ ضرورة اتخاذ الإجراءات الكفيلة ، بتحمُّل العنصر هذا ، لحمولاته الإعتياديّة المفروضة . تستدعي الإجراءات هذه ، تعزيز ورفع قيم الإجهادات المسموح بها .

ـ 2.04 : إنّ الهدف من إجراءات السلامة المتّخذة ، هو تجنُّب استمراريّة انهيار المنشأة ، لحظة وقوع الحادث العارض، وذلك بغية إتاحة الوقت الكافي ، لتجديد الأجزاء المنهارة ، وبذلك تنحصر نتائج الحادث ، في أضيق نطاق لها . هذا ، وعلىٰ الرغم من أنّ التعليمات هذه ، صدرت كردٍّ عن حادث انفجار ، أصاب منشأة صناعيّة ، ذات استخدامات خاصّة ، ومشادة من بانوهات بيتونيّة ، متّسعة الأبعاد ، إلاّ أنّها أعدّت لتكون صالحة لكافّة أنواع المنشآت بلا تمييز . تستهدف استمراريّة الجهود المبذولة من قبل المؤسسات الهندسيّة ، تأمين مستلزمات الأمان ، للمنشآت المعدنيّة ، وللأبنية المشادة من البيتون المسلّح ، ووضع المعايير المناسبة ، لسماكات الجدران الداخليّة ، الكفيلة بتحمُّل الحمولات النوعيّة المفروضة عليها .

ـ **2.05** : ينبغي أن ندرك ، وفي كلِّ الأحوال ، أنّ التعليمات الناظِمة ، والإجراءات المتّخذة بما يتناسب وتلك التعليمات ، ليست حريّة بأن تخلِّصنا من الأخطار الناجمة عن انفجار يحدث في شقّة هنا وهناك ، نتيجة انفجار اسطوانة غاز مثلاً ، في أيِّ طابق من طوابق المبنىٰ . بل إنَّ الحلّ دوماً ينحصر ، في إيجاد سبل مرنة لتلقي الحمولات الإضافيّة ، الناشئة عن انهيار أحد أجزاء المنشأة ، وانتقال ما كان عليه تحمُّله من حمولات ، إلىٰ الأجزاء الأخرىٰ . كما ينبغي علينا أن ندرك ، أنّ انهيار كتل الأبنية المتلاصقة ، والمؤلّفة من أربعة طوابق ، يتخّذ شكل انهيار تدريجي أفقي ، يرافقه انهيار شاقولي تدريجي ، يصيب مجموع الأبنية المتلاصقة .

● أنظمة التنفيذ :

ـ **3.01** : تتجنّب أنظمة البناء ، الحديث المباشر ، وتفنيد القواعد الخاصّة بطرق تنفيذ منشآت الألمنيوم ، المنشآت المعدنيّة ، منشآت البيتون المسلّح ، منشآت البيتون مسبق الإجهاد ، المنشآت الخشبيّة والمنشآت الحجريّة ، إلاّ أنّ الفقرة الأولى ، المنوّه عنها في البند (2.01) تنص علىٰ وجوب مطاوعة خواص مادّة الإنشاء المستخدمة ، مع متطلّبات أنظمة التنفيذ أو التعليمات الصادرة عن البلديّات المتخصِّصة . من النظرة الأولىٰ تبدو منطقيّة الأخذ بهذه الأفكار ، إذ أنّ أنظمة التنفيذ ، ما هي إلاّ وثائق تقنيّة ، تحوي علىٰ تعليمات تقوم بلفت نظر المنفِّذ ، إلىٰ الطرق الكفيلة بإيصال المبنىٰ إلىٰ الشكل الذي كان في ذهن المصمِّم عند التصميم . تزوّد أنظمة التنفيذ بمعايير، يمكن لنا من خلالها تقييم التصميم الإنشائي ، إذ أنّ خلو الأنظمة من طرق حسابيّة متفق عليها ، يجعل من عمليّة التثبُّت من الحسابات المجراة ، عمليّة صعبة ، إن لم تكن مستحيلة .

ـ **3.02** : علىٰ أيِّ حال ، للإجراء هذا مظهرين سلبيين ، الأوّل كون أنظمة التنفيذ ، معدّة علىٰ شكل توصيّات عامّة ، الغاية منها التوصُّل إلىٰ تنفيذ غاية في الدقة ، ولا يمكن والحال هذه ، التوصُّل إلىٰ ما هو مشروط ومدوّن ، إلاّ إذا استعنّا بمهندس ذو خبرة . إنّ

محاولة التقليد المبتذلة والعمياء ، لكافّة البنود والقواعد المدوّنة في نظام التنفيذ ، لن يكون الدليل علىٰ إمكانيّة التوصُّل إلىٰ منشأة متينة . والسلبيّة الثانية تكمن في أنّ هناك تصاميم منافسة ، تتوجّه نحو استخدام حرفيّة الأنظمة ، بدلاً من التوجُّه نحو معانيها ، محتجّة بذلك بأنّها الأفضل ، لتقيُّدها التام بحرفيّة ما هو مدوّن ، فتتستّر بذلك وراء سطور ونصائح ، مخفيّة بذلك تصاميم فاشلة ، قد تنهار أو تعجز عن تلبيّة متطلّبات الوظيفة والإنشاء .

● الأمان :

ـ 4.01 : الأمان عادة ، هو العنوان التي تندرج تحته ، كافّة أنظمة وتشريعات البناء . ولكن كيف الأمان يصبح أماناً ؟ وكيف يمكننا قياس وتمثُّل الأمان ؟ وهل تعريف المهندسون للأمان ، هو ذاته المستخدم في منشآتهم ؟ . لقد اعطت كارثة عام ١٩٦٨ ، انطباعاً بأنّ الإعتبارات الشائعة للأمان ، والتي تعني «الحصانة والمتانة» ، هي تعبير غامض ، لا يمكن ادراكه بوضوح ، إذ يمكن التوصُّل إلىٰ منشأة منيعة ، قادرة علىٰ مقاومة كافّة الأخطار المحتملة ، مهما كانت الكلفة المصروفة علىٰ ذلك . ومع ذلك ، تعدُّ عمليّات تحصين المبنىٰ ضدّ الأخطار ، عمليّات مكلفة ، وبالتالي كلّما زادت العناية بتخصين المبنىٰ ، كلّما زادت كلف الإنشاء ، لذا يمكن اعتبار الكلفة مبدئيّاً ، مقياساً لقياس مدىٰ متانة المنشأة .

ـ 4.02 : إلىٰ وقت قريب ، كان الأسلوب المتّبع للتأكُّد من سلامة المنشأة ، هو الفحص الدقيق لمادّة الإنشاء ، وتبيان مدىٰ مطابقة خواصّها لما هو مدوّن بشأنها ، في أنظمة التنفيذ وتشريعات البناء ، فإن كانت ملائمة لإجهادات التشغيل ، فنعم المنشأة هذه ، وإن كانت مغايرة لذلك ، سعي إلىٰ أن تكون مطابقة لما هو مدوّن . ينتقل خبير ومدقّق الأمان بعد ذلك ، لمناقشة كلّ عنصر إنشائي علىٰ حدىٰ ، لمعرفة مدىٰ مطابقة خصائص العنصر ، لإجهادات التشغيل الأمينة ، والتأكُّد من عدم وجود تجاوزات لتلك القيم ، المدوّنة ضمن تشريعات وأنظمة البناء . إنّ النسبة ما بين قيمة إجهاد السيلان أو ما يساويه ، وبين إجهاد التشغيل الأمين ، هو ما يدعىٰ بعامل الأمان .

ـ **4.03** : علىٰ الرغم من بعض الإخفاقات ، التي يمكن أن تحدث علىٰ أرض الواقع ، إلّا أنّه يمكن القول ، أنّ أسلوب التحقّق من عامل الأمان ، قد سجّل نجاحات باهرة ، علىٰ الرغم من أنّ عامل الأمان ، يعدُّ قاصراً عن الإلمام بكافّة مشاكل تأمين سلامة المنشأة ، فهو وإن كان يؤمّن معرفة تفصيليّة لخصائص المادّة ، معتمداً بذلك علىٰ التجربة العمليّة ، ساعياً وراء ضبط الإستفادة القصوىٰ من مادّة وعنصر الإنشاء ، إلّا أنّه أسلوب لا يتماشىٰ ومقتضيات المنطق السليم ، إذ أنّه يتعامل كمفهوم إنشائي ، مع كافّة الأنواع والطرز الإنشائيّة ، ويعالجها وكأنّها منشآت لا اختلافات بينها ، وكذلك يتعامل مع الحمولات والجمل الإنشائيّة ، وكأنّها ذات خصائص واحدة ، وأخيراً يتعامل مع كافّة المؤثّرات الخارجيّة والداخليّة ، الداعية إلىٰ انهيار المنشأة ، وكأنّها أسباب ومؤثّرات متساوية الشدّة ، ولإحداها الإعتبارات ذاتها ، التي تراعىٰ بها العوامل الأخرىٰ ، مع أنّ ذلك غير صحيح عمليّاً .

ـ **4.04** : لقد تشكّلت في بريطانيا ، في منتصف عام ١٩٥٠ ، لجنة تضمُّ مجموعة من المهندسين الإنشائيين ، وظيفتها متابعة إجراءات الأمان المتّخذة في المنشآت المشادة حديثاً . ومع الوقت ، ونتيجة تراكم الخبرة ، إلىٰ جانب أرشفة الملاحظات والجداول الإحصائيّة ، توصّلت اللجنة إلىٰ تصوُّر شامل ، لإجراءات الأمان المطلوبة ، لكافّة أشكال وطرز التصاميم الإنشائيّة . هذا ، ولم توضع تلك الملاحظات ، ، ضمن بنود نظام التنفيذ ، إلّا في أيلول من عام ١٩٧٢ .

ـ **4.05** : لا بدّ من معاينة متطلّبات السمات التالية ، إن أريد التوصُّل إلىٰ إجراءات أمينة ، تبتغي السلامة العامّة :

١ ـ معاينة الحمولة : ويتم ذلك عن طريق معاينة قيم الحمولة المستخدمة في العمليّات الحسابيّة ، والتأكّد من دقّة شموليّتها . كما تجري عمليّة مراجعة دقيقة ، لمعرفة مدىٰ جديّة الأخطار التي يمكن أن تتعرّض لها المنشأة ، في حال تعرّضها لحمولات تزيد عن تلك المستخدمة في العمليّات الحسابيّة .

٢ ـ معاينة مواد الإنشاء : ويتم ذلك عن طريق دراسة دقيقة ، الهدف منها معرفة مدىٰ الأخطار المتوقّعة ، عن مخالفة خصائص مواد الإنشاء ، لمواصفاتها العامّة . كما تجرى معاينة لمعرفة مدىٰ مطابقة مواصفات مادّة الإنشاء المستخدمة ، لتلك المطلوبة في المخطّطات والرسومات التفصيليّة .

٣ ـ مهارة التصميم : ويتم الإستدلال عليها ، بمعاينة حجم الأخطار المحتملة ، والتي يمكن أن تنشأ عن عجز التصميم ، عن مسايرة التصوُّر الأساسي للتركيبة الإنشائيّة ، أو نتيجة لأخطاء حسابيّة . يمكن أن نحتاط لهذه الأخطاء ، وأن نستدركها جزئيّاً ، من خلال مراجعة الخطوتين المشار إليهما آنفاً ، والتأكّد من سلامة التقدير المبدأي للحمولات المفروضة ، ومن سلامة مواصفات مواد الإنشاء المستخدمة .

٤ ـ متابعة أخطاء التركيب ، التصنيع أو التنفيذ : أذ يتم ملاحقة مدىٰ الأخطار الناجمة مثلاً عن الإهمال في عمليّات لحم ووصل القطع المعدنيّة ، العائدة لمنشأة معدنيّة . كما يتم تقدير الأخطار المحتملة ، الناشئة عن كون مقاومة وصلات اللحام ، دون المستوىٰ المطلوب . كما تقدّر أيضاً ، علىٰ سبيل المثال ، حجم الأخطار الناشئة عن المزج السيء لمواد البيتون ، أو التركيب الخاطىء لحديد التسليح . يتم التأكد من مقاومة المواد المستخدمة في العمليّة الإنشائيّة مخبريّاً ، متتبعين في ذلك الإجراءات الرسميّة .

٥ ـ يتم تقصي جديّة الأخطار الناشئة عن إخفاق المبنىٰ إنشائياً ، وذلك عن طريق التقدير الدقيق ، لمدىٰ حجم الخسائر المحتملة في الأرواح ، مدىٰ الخسائر الناشئة عن التوقُّف عن العمل ، في حال كان البناء ، بناء مستخدماً لأغراض التصنيع ، إلىٰ غيرها من العواقب المستقبليّة ، الناشئة عن عجز المبنىٰ عن تلبيّة المتطلّبات الإنشائيّة .

٦ ـ تقدير نوعيّة العجز الذي يمكن أن يصيب المبنىٰ ، أهو عجز يؤدي إلىٰ انهيار المبنىٰ ؟ أم يؤدي إلىٰ تشوُّهات مفرطة في تركيبة المنشأة ؟ أم يسبِّب تشقُّقات غائرة في عناصر ووصلات المنشأة ؟ . إنّ التقدير الصحيح لمسبِّبات عجز المنشأة ، وكذلك التقدير الصحيح لمدىٰ الأخطار الناشئة عن ذلك ، هو الذي سيقودنا إلىٰ الإجراءات الكفيلة بتدارك الأخطار المحتملة . فقد يكون من الكافي إجراء عمليّات ترميميّة ، وقد يكون المطلوب التوسُّع في عمليّات الترميم والإصلاح ، وفي حالات أخرىٰ ، قد يتطلّب إصلاح مظاهر العجز ، تجديد المبنىٰ أو إعادة تنفيذه من جديد . .

● التصوُّر الحديث للأمان الإنشائي :

ـ 5.01 : من الواضح أنّ المفهوم القديم لعامل الأمان ، وهو العامل الناتج عن العلاقة ما بين إجهاد التشغيل وإجهاد الخضوع ؛ لا يستطيع أن يعطينا تصوُّراً منطقيّاً لسلوكيّة المنشأة ، كما لا يمكن أن يساعدنا في عمليّة فرز وتعيين أيٍّ من السمات والمظاهر المؤثِّرة علىٰ العمليّة الإنشائيّة أكثر أهميّة ، وتأثيراً علىٰ سلامة المنشأة ، وهي كما رأينا في الفقرة (4.04) ، مجموعة من السمات والمظاهر بالغة الأهميّة . لذا ، وعلىٰ مدىٰ عشرين عاماً ، استنبطت مجموعة من المفاهيم الجديدة ، كان أوّلها مفهوم عوامل الحمولة ، وآخرها التقديرات الإحصائية للإجهادات والحمولات ذات الخصائص المتميِّزة .

ـ 5.02 : لقد كان تقرير (CIRIA) ، بمثابة تجميع للمعلومات التي أمكن الحصول عليها ، طوال سبعة سنوات ، قضاها متخصِّصون في التفكير في طرق لحلِّ مشكلة عجز المفاهيم القديمة ، عن الإلمام بكافّة جوانب مشكلة الأمان الإنشائي . كما كان الإقتراح حلّاً أمثلاً ، للمعادلة الصعبة القاضية بتحقيق التوازن ما بين مستوي أمان كاف ، وبين كلف إجماليّة مقبولة ، تصرف لتحقيق المواصفات المطلوبة ، لتصميم إنشائي مقترح . لقد راعىٰ مبدعوا هذا الإقتراح ، إمكانيّة دمج بنود مقترحاتهم ، ضمن أنظمة التنفيذ السائدة ، خلال فترة تتراوح ما بين (٥ لـ ١٠) سنوات . وقد لوحظ في الآونة الأخيرة ، أنّ نظام التنفيذ الموحّد في بريطانيا ، قد استوعب ضمن بنوده ، الكثير من فقرات النظام الجديد . .

ـ **5.03** : سنقدِّم فيما يلي ، ملخّصاً وافياً ، للنصائح الواردة في تقرير (CIRIA) :

*** الحالة الحديّة لتفادي أخطار الإنهيار :**
تقدّر قيمة عامل الحمولة الحديّة ، المتبنّىٰ في التصميم ، بناء علىٰ قيم ثلاثة عوامل جزئيّة ، هي كالتالي :

y_1 : وهو عامل يستخدم لتغطية نتائج انحراف الحمولات ، عن قيمها المقرّرة ، كما يستخدم لتغطية نتائج وقوع المبنىٰ ، تحت وطأة حمولات غير متوقعة ، وأخيراً يستخدم لتغطية فروق حمولات كهذه ، تمّ جمعها إلىٰ بعضها ، بأسلوب غير مألوف .

y_2 : وهو عامل يستخدم لتغطية انحراف مقاومات المواد المستخدمة في العمليّة الإنشائيّة ، عن قيمها المقرّرة .

y_3 : وهو عامل يستخدم لتغطية الأخطار الناشئة عن انهيار المنشأة ، سواء أكان الإنهيار تاماً أم جزئيّاً مفاجئاً أم تدريجيّاً ، بما في ذلك ، الأخطار التي يمكن أن يتعرّض لها قاطنوا المبنى ، سواء في أرواحهم أو ممتلكاتهم .

تتراوح قيمة كل عامل من العوامل الآنفة الذكر ، بين قيمتين ، بحيث تتحدّد القيمة الدقيقة لكلٍّ منها ، بناء علىٰ الجملة الإنشائيّة المختارة . فالعامل (y_1) ، الممثِّل لتغيُّرات الحمولة ، تتراوح قيمته ما بين (1.2ـ 1.8) ، بينما تتراوح قيمة العامل (y_2) ، الممثِّل لتغيُّرات المقاومة ما بين (1.1ـ 1.6) ، أمّا العامل (y_3) ، الممثِّل لعامل اقتصاديّة المبنىٰ ، فتتراوح قيمته ما بين (0.9ـ 1.4) .

نحصل علىٰ قيمة عامل الحمولة الحديّة ، المستخدم في التصميم ، بغية تفادي أخطار الإنهيار ، بحساب ناتج ضرب القيم المثلىٰ للعوامل الثلاث آنفة الذكر ، أي أنّ عامل الحمولة الحديّة يساوي :

$$y_1 \times y_2 \times y_3$$

*** الحالة الحديّة لتفادي الأخطار المحليّة :**

تتحدّد قيمة عامل الحمولة الحديّة ، المستخدم في الحسابات الإنشائيّة ، بناء على قيمة عاملين اثنين هما :

y_4 : وهو عامل يستخدم لتغطية تغيّرات طبيعة الحمولة الموضوعة في الخدمة ، سواء أكانت حمولات ساكنة أم متحرِّكة ، عارضة أم متكرِّرة الحدوث .

y_5 : وهو عامل يستخدم لتغطية نوعيّة ومدى الأخطار المحتملة ، الناشئة عن الحمولات الموضوعة في الخدمة .

تتراوح قيمة كل عامل من العاملين آنفي الذكر ، بين قيمتين ، بحيث تتحدّد القيمة الدقيقة لكلٍّ منهما ، بناء على الجملة الإنشائية المختارة . فالعامل (y_4) ، الممثِّل للحمولات ذات الخاصيّة ، تتراوح قيمته ما بين (1 ـ 1.2) . أمّا العامل (y_5) ، فتتراوح قيمته ما بين (1 ـ 1.4) .

نحصل على قيمة عامل الحمولة الحديّة ، المستخدم في التصميم ، بغية حماية المنشأة من الأخطار الموضعيّة ، بحساب ناتج جداء العاملين (y_5 , y_4) ، أي أنّ عامل الحمولة الحديّة يساوي :

$$y_4 \times y_5$$

*** الحالة الحديّة لتفادي أخطار التشوُّه المفرط :**

تتحدّد قيمة عامل الحمولة الحديّة ، المستخدم في التصميم والمحسوب لتفادي أخطار التشوُّه المفرط ، وفقاً لقيمتي عاملين جزئيين اثنين هما :

y_6 : وهو عامل يستخدم لتغطية طبيعة الحمولة المفروضة ، من حيث أمد بقاء تأثيرها على المنشأة ، فبعض الحمولات يدوم تأثيرها على المنشأة فترة محددة ، بينما تدوم تأثيرات حمولات أخرى ، على مدى عمر المنشأة الاستثماري .

تتراوح قيمة كلٍّ عامل من العاملين آنفي الذكر ، بين قيمتين ، بحيث تتحدد القيمة الدقيقة لكل منهما ، بناء على الجملة الإنشائية المختارة . فقيمة العامل (y_6) ، تتراوح ما بين (0.2 ـ 1) ، بينما تتراوح قيمة العامل (y_7) ، ما بين (1 ـ 1.2) .

y_7 : وهو عامل يستخدم لتغطية طبيعة ومدى التشوُّه المحتمل ، الناشىء عن الحمولات المفروضة .

نحصل على قيمة عامل الحمولة الحدية ، المستخدم في التصميم ، بغية تفادي أخطار التشوُّه المفرط ، بحساب ناتج جداء العاملين (y_7 , y_6) . أي أنّ عامل الحمولة الحدية لهذه الحالة يساوي : $y_6 \times y_7$.

- **5.04** : تمثّل الحالات الحدية ، قيم الحمولات الحقيقية المفروضة على المنشأة ، والتي يمكن أن تمثّل بأنظمة الحمولات ذات الخاصيّة المرتبطة بحالات حديّة خاصة .

تحدد الحمولات هذه ، وتدوّن قيمها في كتيّبات ناظمة للعمليّة الإنشائيّة ، بهدف تغطية ظروف قاسية ، قد تتعرّض لها المنشأة ، خلال عمرها الإستثماري .

- **5.05** : تؤخذ قيم مقاومة المواد المستخدمة في المنشأة ، من جداول خاصّة ، جرى تصنيفها لهذه الغاية ، تؤخذ من الجداول ، القيم الصغرى .

- **5.06** : إنّ العوامل الجزئيّة المستخدمة في المنشآت المعدنية ، ومنشآت البيتون المسلّح ، نراها موضّحة في اللوحة (١ ـ ١) .

● اسلوبي تحقيق الأمان الإنشائي :

- **6.01** : يمكن إجمال الطرق المتبعة لتحقيق الأمان الإنشائي ، باسلوبين اثنين ، أولها ويدعى الاسلوب التقليدي ، المعتمد على تقدير الحمولات المطبقة ، ومن ثم استخدامها في حساب الإجهادات وفي التحليل الانشائي ، دون تقدير للعوامل المؤثّرة في قيمها . ترتبط أساليب الحساب هذه ، بقيم إجهادات التشغيل ، دون تقدير للعوامل المؤثّرة في قيمها . ترتبط أساليب الحساب هذه ، بقيم إجهادات التشغيل ، المصنّفة ضمن جداول تحويها أنظمة التنفيذ . تتحدد قيمة عامل الأمان ، بحساب نسبة إجهادات التشغيل إلى إجهادات الخضوع ، لكلٍّ مادة من مواد الإنشاء المستخدمة ، في العمليّة الإنشائية .

- **6.02** : يستخدم في الأسلوب الآخر ، عوامل الحمولات ذات الخاصيّة المميّزة ، وهي عوامل تدخل في عملية التحليل الإنشائي . يتم الحساب وفق هذا الأسلوب بطريقتين ، الأولى وتعتمد الحالة المرنة للمواد المستخدمة ، والثانية وتعتمد الحالة اللدنة للمواد المستخدمة . تؤخذ مقاومات المواد من جداول خاصة . تحدّد قيم العوامل ذات الخاصيّة المستخدمة هذه ، درجة أمان المنشأة .

اللوحة (١ ـ١) : تظهر اللوحة مقارنة ما بين العوامل الجزئيّة العائدة لمنشآت البيتون المسلّح ، وتلك العائدة للمنشآت المعدنيّة .

		الإنهيار الحالة الحديّة	أخطار محليّة	تشوّه مفرط
بيتون مسلّح	δ_1	دائمة 1·25 مفروضة 1·5 رياح 1·25		
	δ_2	بيتون 1·7 إلى 1·4 حديد 1·15		
	δ_3	0·9-1·1*		
	δ_4		الحمولات كافّة 1·0	
	δ_5		بيتون 1·3 حديد 1·0	
	δ_6			الحمولات المستمرّة كافّة 1·0 الحمولات المفروضة قصيرة الأجل وحمولة الرياح معاً 0·8 الحمولات المفروضة قصيرة الأجل وحمولة الرياح بشكل منفصل 1·0 الحمولات طويلة الأجل 1·0 إلى 0·25
	δ_7			بيتون 1·0 حديد 1·0
منشآت معدنيّة	δ_1	دائمة 1·2 مفروضة 1·5 ارياح 1·25		
	δ_2	أطر مستمرّة 1·1 عناصر إنشائيّة خالية من أطر مستمرّة 1·2		
	δ_3	انهيار ناشيء عن العزوم اللدنة 0·9* إنهيار ناشيء عن انكسار أو انثناء 1·2* إلى 1·1		
	δ_4		الحمولات كافّة 1·0	
	δ_5		1·0	
	δ_6			الحمولات المستمرّة كافّة 1·0 الحمولات المفروضة قصيرة الأجل وحمولة الرياح معاً 0·8 الحمولات قصيرة الأجل وحمولة الرياح بشكل منفصل 1·0 الحمولات طويلة الأجل 1·0 إلى 0·25
	δ_7			1·0

* تؤثّر في تحديد قيمة العامل «δ3» ، نوعيّة العجز الطبيعي المحتمل . كما تؤثّر عليه ماهيّة الحمولات المطبقة ، أهي حمولات دائمة ، أم هي حمولات تطبّق وتزال على فترات ، أهي ناتجة عن إشغالات طارئة ، أم هي تعبير عن حمولات مستثمري المبنى ، مع ما يستلزم من أوزان حاجاتهم المهنيّة والمعيشيّة .

+ : تؤثّر في تحديد هذه القيمة ، ماهيّة وظيفة المبنى ، كيفيّة استثماره ، ومدى أرجحيّة تواجد حمولات ذات خاصّية تعمل لفترات طويلة .

- 6.03 : لعلّ التحليل وفق الحالة اللدنة ، هي الطريقة المناسبة لتحليل الأطر المعدنية ، كما أنها الطريقة التي تعارف على تناولها ، معظم المهندسون المعماريون . وسيظهر المثال الموضّح في الفقرة اللاحقة ، طريقة تحليل إطار معدني بسيط .

- 6.04 : يبلغ مجاز الإطار الموضح في الشكل (١ ـ ١) خمسة عشر متراً ، معرّض لحمولة موزّعة بانتظام مقدارها (8.8 KN/m) ، منها (4.4 KN/m) حمولة حية . تهمل حمولة الرياح ، والحمولات الناشئة عن التشوُّه ، كما نفترض أنّ المقطع مشابهاً على كامل امتداد الإطار ، ودعامتيه الشاقوليتين . ستوضِّح الفقرة اللاحقة ، الأسلوب المتبع في حساب الإطار هذا ، بطريقتي التحليل اللدن والتحليل المرن .

- 6.05 : سنناقش الفرق ما بين التصميم المرن ، المعتمد على إجهادات التشغيل المسموح بها ، وبين التصميم اللدن المعتمد على الحالة الحدّية ، في الجزء الخاص بالمنشآت المعدنية . ولكن ببساطة يمكننا القول هنا ، أنّ إجراء التحليل وفق الطريقة الأخيرة ، ستتيح لنا الحصول على عناصر إنشائية ، مقاطعها أصغر ، مما يجعل المنشأة ككل أكثر اقتصادية . إلا أن هذه العناصر أيضاً ، تصبح أكثر عرضة للتشوُّه . أشيد الإطار هذا من البيتون المسلح ، لذا كان من الضروري معاينة الشقوق المحتمل نشوئها ضمن المساحات المعرّضة للشد ، ومعالجتها إن أمكن ، خصوصاً إن كان من الممكن أن يصيب حديد التسليح ضرراً ما . يجري بعدئذ الكشف عن الأسباب الداعية إلى انهيار المنشأة وتشوُّهها ، ليصار من ثم إلى معالجتها ، متخذين لذلك تدابير تقي المنشأة منها ، ومن الأخطار المحلية ، المتمثّلة بتغير طبيعة الحمولة ، وغيرها من العوامل الطارئة الأخرى .

W
B
C
$15m = l_b$
$6m = l_s$
A
D

الشكل (١ ـ ١) : يظهر الشكل نموذج لإطار بابي

- 6.06 : لا بد أخيراً من تقييم جاد ، يتناول التعليمات الخاصة بمزاولة المهنة . فإذا افترضنا أننا حصرنا كافّة التعليمات ، وتتبعناها الواحدة تلو الأخرى ، بحيث لم ندع التصميم يغفل عن واحدة منها ؛ يبقى السؤال : هل نستطيع مكتبيّاً ، التعامل مع كافة تلك المعطيات ، وحل مشاكلها دون اللجوء الى الغير ؟ . إنَّ الخبرة العملية ، التي تولدت عن الممارسة ، تنبئنا بضرورة اشتراك أكثر من اختصاصي ، إن أردنا التوصُّل إلى منشأة سليمة ، قادرة على مقاومة ما يحتمل أن تتعرض لها المنشأة من أخطار مستقبلية .

* حساب الإطار على الطريقة المرنة :

- 6.07 : الحمولة الميّتة = 4.4 KN/m

الحمولة الحيّة = 4.4 KN/m.

المجموع = 8.8 KN/m.

مجاز الإطار = 15 m ، عزم العطالة = I_b .

ارتفاع الدعمة الشاقولية = 6 m ، عزم عطالتها Is .

يمكننا اثبات أن عزم الإنعطاف عند العقدة (B) تساوي :

$$\mathcal{M}_B = \mathcal{M}_C = \frac{wj^2b}{4N}$$

حيث : $N = 2K + 3$

و : $K = \dfrac{J_s \cdot I_b}{J_b \cdot I_s}$

هذا يعني أنه في هذه الحالة :

$$N = 2\left(\frac{6}{15}\right) + 3 = 3.8$$

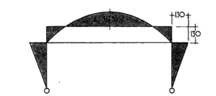
$$\mathcal{M}_B = \frac{8.8 \times (15)^2}{4 \times 3.8} = 130 \text{ KN/m.}$$

العزم الحر عند منتصف جسر الإطار =

$$\frac{8.8 \times (15)^2}{8} = 247.5 \text{ KN/m.}$$

لهذا يكون مخطط عزم الإنعطاف على الشكل التالي :





الحمولة المباشرة الواقعة على الدعمة الشاقولية =

$$\frac{8.8 \times (15)^2}{8} \quad 66 \text{ KN.}$$

إجهاد التشغيل المسموح به = 165 N/mm^2

فإذا فرضنا أنّ : $M = f_z$

المرنة $(Z) = \frac{130\,000 \times 1000}{165} \quad 789000 \text{ mm}^3$

$= 789 \text{ cm}^3.$

من المفترض تحقيق الدعمة الشاقولية ، على عزم الإنعطاف والقوّة الشاقولية معاً .

عامل الأمان النظري = $\frac{\text{إجهاد الخضوع}}{\text{إجهاد التشغيل}}$

$$= \frac{250}{165} = 1.52$$

*** حساب الإطار على الطريقة اللّدنة :**

- 6.08 : الحمولة الميّتة الفعليّة = 4.4 KN/m.

عوامل الحمولة الميّتة :

دائم $y_1 = 1.2$

متصل $y_2 = 1.1$

انثناء $y_3 = 0.9$

الحمولة الميّتة الحسابيّة :

$1.2 \times 1.1 \times 0.9 \times 4.4 = 5.21$ KN/m.

عوامل الحمولة الحيّة :

مفروضة $y_1 = 1.5$

$y_2 = 1.1$

$y_3 = 0.9$

الحمولة الحيّة الحسابيّة :

$1.5 \times 1.1 \times 0.9 \times 4.4 = 6.51$ KN/m.

الإطار غير قابل للإنبعاج .

العزم الحر عند جسر الإطار =

$$(5.21 + 6.51) \times \frac{(15)^2}{8} = 328 \text{ KN.m.}$$

ستتشكّل المفصّلات عند الإنهيار على الشكل التالي :

لهذا يكون عزم الإنعطاف عند مركز وركبة الإطار هي :

$$\frac{328}{2} = 164 \text{ KN/m.}$$

وبهذا يكون مخطّط عزم الإنعطاف هو التالي :

الإجهاد ذي الخاصيّة أو إجهاد الخضوع = 250 N/mm^2

من : $M_p = f z_p$

$$Z_p = \frac{164000 \times 1000}{250} = 656000 \text{ m.m}^3 = 656 \text{ cm}^3.$$

تقلّص العوامل اللدنة الخاصّة بمقطع الدعمة الشاقولية .

تبلغ الحمولة المباشرة مع عزم الإنعطاف : 713 .

إن تقليص مقطع العناصر المعدنية ، سيقودنا إلى تشوُّهات تزيد عن تلك الملاحظة في حالة التحليل وفق الحالة المرنة .

عامل الأمان النظري ، وهو عامل يحسب من عوامل الحمولة :

بالنسبة لعوامل الحمولة الميِّتة :

$1.2 \times 1.1 \times 0.9 = 1.19.$

بالنسبة لعوامل الحمولة الحيّة :

$1.5 \times 1.1 \times 0.9 = 1.48.$

● تبعيّة التصميم :

- **7.01** : يتحمّل المصمِّم تبعات انهيار مبنى ، لأسباب يمكن عزوها لأخطاء التصميم ، حيث يستطيع عنها صاحب الإستثمار ، مقاضاة المصمِّم المسؤول ، وبالتالي مطالبته بتعويضات ، تعادل ما مني به من خسائر ، نتيجة الإهمال . في حال كان المعماري ، هو الشخص الوحيد المتعاقد مع صاحب الإستثمار ، فإنّ تبعات التصميم عندها ، تقع عليه مباشرة ، ولا تنتقل إلى مهندس الإنشاء ، إلاّ في حال كان مهندس الإنشاء ، موظّفاً بتعيين مباشر من صاحب الإستثمار .

ولحصر التبعات ، وبالتالي لتقليص فرص انهيار المبنى ، يستحسن دوماً تعيين شخص واحد ، من مهامِّه تصميم أساسات وطوابق المبنى ككل . إنّ تقسيم العمل بين عدد من الإختصاصيين ، يفتح المجال واسعاً لإخفاقات متعدِّدة ، سببها غالباً التبادل السيء للمعلومات ، ما بين عناصر فريق العمل ، وبالتالي الوصول إلى نقطة ، يستحيل معها التوصُّل إلى إدراك صحيح ، للكيفيّات التي يمكن من خلالها ، إنجاز المشروع وفق أفضل السبل .

- **7.02** : إن ظنّ المعماري ، أنّ مشروعه بحاجة إلى تصميم إنشائي ، يفوق قدراته العلميّة ، فلا بأس عندها من استشارة مهندس الإنشاء ، للرسو معه على الأسلوب الإنشائي ، الكفيل بانجاز التصميم على أكمل وجه .

● الإشراف :

- **8.01** : بسبب انصراف إجراءات التصميم ، نحو انتاج منشآت ذات عناصر كفؤ ، أبعادها أصغريّة ، ونتيجة لتضخُّم أخطاء التصنيع ، مهدِّدة بأخطار جمّة ؛ اكتسبت عمليّة الإشراف ، والتي تشمل كافّة مراحل وخطوات التنفيذ ، أهميّة كبرى ، كما ساهمت بشكل جوهري ، في بنية هندسة البناء ، إذ بها نضمن الحفاظ على قدر كاف من المقاومة ، التي تتصف بها أساساً مادة الإنشاء المستخدمة . هذا ، ولا تعفي مسؤوليّة المعماري ولا الإنشائي ، المتعهد من التبعات التي يمكن أن تلحق به ، فيما لو أنّه أغفل الإشراف على أعمال التنفيذ ، هو بنفسه أو من يوكِّله في ذلك ، على الرغم من أنّ الإجراءات الروتينيّة ، المعنيّة بمعاينة واختبار المواد ، قادرة على تحقيق نوعيّة ذات مستو مقبول ، يمكن أن نطمئن إليها في عمليّة الإنشاء

والتركيب ، فالتوصُّل إلى مستو مقبول من الجودة ، يتطلّب قراراً صريحاً من قبل المشرف على عمليّة التنفيذ ، وتأييداً كاملاً من صاحب الإستثمار .

- **8.02** : من العسير على المستثمر ، التوصُّل إلى مبنى موافق تماماً للمخطّطات ، ومنفّذ بنوعيّة عالية من التقنيّة والبراعة ؛ ما لم يرصد للمشروع ، المال الكافي الذي يؤمِّن عائداً ذا قيمة ، للمتعهد القائم على التنفيذ . كما ينبغي عليه أيضاً ، أن يكون مستعداً لدفع مبالغ من شأنها ، تحسين مستوى الإشراف على التنفيذ ، وعلى أن يحرص على أن يكون جهاز الإشراف ، منفصلاً عن جهاز التنفيذ .

*** مستقبل الإشراف :**

- **8.03** : لقد قسِّمت المهام إلى وقت قريب ، بشكل حدي ما بين المعماري ، مهندس الإنشاء والمتعهد ، بحيث كان لكلٍّ منهم مهاماً محدّدة ، أمّا في أيامنا هذه ، فقد تداخلت المهام ، وأصبحت أكثر تشابكاً ، سواء أكان الحديث عن أبنية تنفّذ على أرض الواقع ، أم كان عن أبنية مصنّعة في ورشات متخصِّصة . هذا ، وما لم تكن مناهج التدريس والتوجيه المقرّرة على طلاّب العمارة ، مؤهّلة لإعطاء فكرة كافية ، عن أساليب التحليل الإنشائي ، وصالحة لإدراك الأنظمة وقواعد الضبط الإنشائية ؛ لأصبح من العسير على المصمِّم المعماري ، تناول مشاريع ذات شأن ، دون تدخُل مهندس الإنشاء .

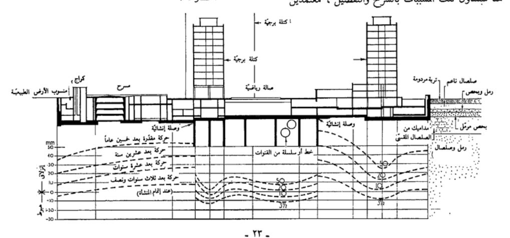
هذا ، وعلى الرغم من كثرة التعديلات ، التي تناولت بنود ومفاهيم أنظمة البناء والتنفيذ بالتطوير والتنقيح ، إلاّ أنّه ما زال ممّا يؤسف له ، حالات لم تتناولها تلك الأنظمة ، منها العديد من المنشآت البسيطة ، حيث أعفيت تلك المنشآت ، من القواعد العامّة ، واكتفى لها المشرِّعون ، ببعض التوجيهات القادرة على مساعدة ، فقط المعماريين المؤهلين جيِّداً .

الفصل الثاني

الأخطار الناجمة عن حركة المبنى ووسائل الحماية منها.

● **المقدّمة :**

ينبغي عند التصميم ، مراعاة المصادر الممكنة لحركة المبنى ، يمكن للمبنى أن يتحرّك ، نتيجة لتغيّرات تطرأ على البيئة المحيطة ، أو تحت وطأة الحمولات المطبّقة . ونحن هنا سنتناول تلك المسبّبات بالشرح والتفصيل ، معتمدين على أساليب واضحة ، وقواعد سهلة التناول ، تناول الفصل أيضاً ، تفاصيل توضّح كيفيّة ربط العناصر بعضها ببعض ، بغية القضاء على مسبّبات حركة المباني ، وتفادي أخطارها .



● المدخل :

- **1.01** : إنّ موضوع الفصل هذا ، هو دراسة تحرُّك المنشأة ، نتيجة لتغيّرات تطرأ على طبيعة الظروف المحيطة بالمبنى ، وكذلك نتيجة لتغيّر في قدرة وطبيعة الحمولات المطبّقة . إن للموضوع هذا أهمية كبرى ، خاصة في المنشآت الهندسية ، ذات الأبعاد المتّسعة . تتعرّض المنشآت عادة لحادثين عرضيين هامين ، أوّلهما يتمثّل بمجموعة من العناصر ، تضاف إلى المنشأة لاحقاً ، نتيجة الحاجة إليها ، لتسيير وظيفة المبنى ، وتجهيزات تستخدم في تنفيذ أنواع من الإكساءات المعقّدة . وثانيها ويتمثّل بتناقض يقع ما بين متطلّبات التصميم المعماري من جهة ، وبين متطلّبات التصميم الإنشائي واحتياجات تصميم المرافق الحيويّة داخل المنشأة ، من جهة أخرى .

- **1.02** : من النادر أن تقود حركة المبنى ، المبنى إلى الإنهيار الكامل . إلاّ أن التأثيرات السيّئة لحركة المبنى ، كالتشوُّهات الزائدة الناجمة عنها ، قد تقود إلى ظهور تصدُّعات وتشوُّهات كبيرة ، تدعونا إلى صرف مبالغ طائلة ، بغية صيانة المبنى ، وإصلاح وترميم ما تضرّر منه نتيجة لتلك التشوُّهات الطارئة . كما قد تضعف تلك التصدُّعات ، من قدرة المبنى على أداء وظيفته المقرّرة . لا شك أنّ قياس مقدار الحركة الفعليّة للمبنى ، ذو أهمية خاصّة ، إلاّ أنّ الأهم منه ، هو رصد اختلافات الحركة ما بين أجزاء المبنى الرئيسيّة ، وبين العناصر الرئيسية الحاملة للمبنى . إنّ القرار المتخذ بهذا الشأن ، لا يكتسب أهميته ، إلاّ إذا كان موجّهاً صوب منع أمثال الحركات هذه ، أو تفادي أخطارها ، بما يمكن اتخاذه من إجراءات ، نكفل بها سلامة المنشأة .

● مصادر الحركة :

- **2.01** : توضّح اللوحة (١ ـ ٢) ، جدولاً أجملت فيه مسبِّبات حركة المبنى .

تعمل مجموعة مصادر حركة المبنى معاً على تحريك المنشأة ، كما يمكن أن يسبِّب كل بند منها على حدى ، ما يستدعي تحرُّك المنشأة ، أو أجزاء منها عن موضعه الأصلي :

● التقسيمات الرئيسية للمنشأة :

- **3.01** : يمكن أن تقسّم المنشأة إلى أجزاء ، وفقاً لطراز تأسيس كلّ جزء منها ، كما يمكن أن تقسم وفقاً لطولها الكلي ، حيث يقسّم الطول الكلي إلى أجزاء ، بغية تفادي أخطار ظاهرتي التقلّص والتمدُّد . كما تقسّم المنشأة وفقاً لتغيّرات ارتفاعات أجزاء المبنى .

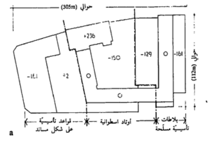
- **3.02** : تتّخذ الإجراءات ، بغية ضمان ثبات المنشأة الصلدة ، المعزولة جيِّداً ، والمحمّلة بحمولات معقولة موزّعة بالتساوي ، وإنّ هذه الإجراءات تفقد قيمتها ، إن أُغفلت مراكز الخدمة أو نقاط الدخول . إنّ

اللوحة (١ ـ ٢) : مصادر الحركة الإنشائية

تأثيرات طويلة الأجل	تأثيرات قصيرة الأجل	طراز الحمولة	تسميّة المصدر
●	●	حمولة ميّتة	حمولات فعّالة :
●	●	الحمولة الذاتيّة الثابتة لعناصر المنشأة	
	●	الواقعة فوق منسوب الأرض الطبيعيّة	
	●	حمولة الصدم المؤثّرة على الطوابق المتكرّرة	
●	●	حمولة الرياح	
●		حمولة الزلازل	
	●	حمولة سبق الإجهاد	
	●	تمدُّد التربة أو الأساسات الناشىء عن فعل كيميائي	
	●	التمدُّد الحجمي للتربة الناشىء عن	
		وصولها إلى درجة التجمُّد	
		تأثيرات الحفريّات المجاورة	
		الإهتزاز	
	●	تشوُّهات التربة	الحمولات السلبيّة :
●		هبوط التربة	
●		تأثير الحفريات المجاورة	
●		حركة المياه	
●	●	درجة الحرارة	تأثيرات العوامل البيئية :
●	●	نسب الرطوبة	
● ●	●	تأثيرات مواد البناء (غالباً ما تكون للمواد جميعاً	
●	●	تأثيرات على نوعيّة الحمولة) :	
●	●	إجهادات الزحفان	
●	●	التقلُّصات	
●	●	حركة الرطوبة	
●	●	درجة العازليّة	
		درجة الموصليّة	
		المرونة	
		معامل التمدُّد	

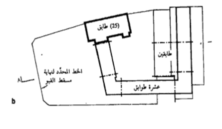
● تتحدّد قيمها وفقاً لإجراءات ضبط المناخ الداخلي .

الأبنية في مدينة مكسيكو مثلاً ، قد راعت شروط ثبات المباني ، ابتداء من السنتمترات الأولى ، وحتى وصول المبنى إلى ارتفاعه الإجمالي . على أيّ حال ، هناك قيود عمليّة ، تتحدّد بموجبها صلابة المبنى ، ومع ذلك ، وفي الأبنية متوسّطة الإرتفاع ، نشهد حركات داخلية متباينة ،

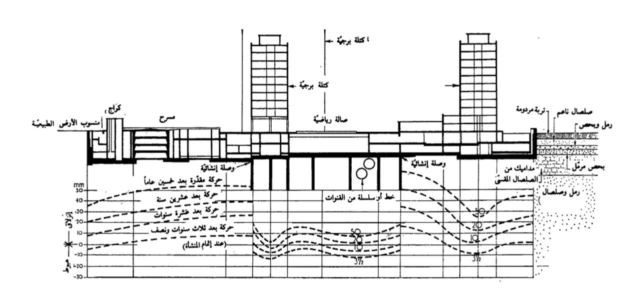


الشكل (١ ـ ٢ ـ آ) : يظهر الشكل مسقط القبو العائد لمجموعة من الأبنية المتلاصقة ذات الإرتفاعات المتباينة

خصوصاً إن لم تؤسّس تلك الأبنية ، على أرضية صخرية . كما نلحظ حركات متباينة ، للوحدات المكوِّنة لمبنى متّسع الأبعاد ، لذا كان من الضروري ، ملاحظة فواصل الحركة في الأبنية ، الممتدة لمسافات طويلة ، كما هو موضّح في الشكلين (١ ـ ٢) و(٢ ـ ٢) .

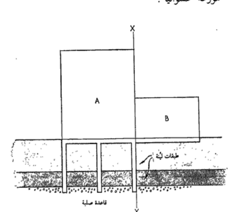


الشكل (١ ـ ٢ ـ ب) : يظهر الشكل مسقط الطوابق العليا .



الشكل (٢ ـ ٢) : يظهر الشكل مقطعاً عرضياً ماراً من مجموعة المباني ، موضحاً الإنتقالات المحتملة .

- 3.03 : يمكن أن تنشأ الحركة المتباينة ، من جرّاء كون تربة التأسيس ، تربة وعرة ، كأن تكون على شكل أرضية متفاوتة المناسيب ، أو مركزاً لتجمُّع بقايا معدنية ، أو كانت طبيعتها البنيوية ، هي طبيعة صلصاليّة ، تملأ جيباً كلسيّاً . كما يمكن أن تنشأ الحركة المتباينة ، نتيجة استخدام أساسات ، مخالفة كلياً للأساسات المشادة في وحدات الأبنية الملاصقة ، كأن تشاد أحد الأبنية مثلاً على أوتاد ، بينما يشاد الآخر على حصائر ، أو أن تشاد الأساسات على شكل حصائر بسيطة الأبعاد ، مما يسبِّب ضغوطات متباينة على تربة التأسيس ، أنظر الشكل (٣ - ٢) . إنَّ المثال الفذ على ذلك ، هو برج الملكات المشاد في لندن . أشيد البرج على حصيرة سميكة ، محمولة على تربة صلصالية ، درجة تحمُّلها تبلغ (215 KN/m²) . بعد استكمال أعمال الإنشاء ، حدث تباين في هبوطات التربة ، فكان فرق المنسوب ما بين تربتي الإستقرار ، يساوي (178 m.m) ، مما أحدث بعض التأثيرات الغريبة ، ظهرت على مناسيب الأرضية ، وفي الأبنية المحيطة ، نتيجة محاولتها مقاومة الحركة هذه . يمكن أن يتحوّل الميلان ، إلى مشكلة خطرة ، إن ظهر في الأبنية العالية ، نتيجة خضوع التربة الملاصقة ، لحمولات متفاوتة القيمة ، كما في الشكل (٤ - ٢) ، أو لكون الحمولات ضمن البناء ، حمولات موزّعة عشوائياً .

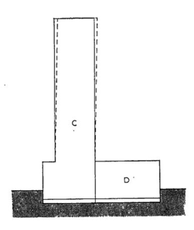


الشكل (٣ - ٢) : يظهر الشكل كتلتان متصلتان عند المحور (χ-χ) ، الكتلة (A) أكثر ارتفاعاً من الكتلة (B) . مالم توضع روابط محكمة الثبات عند المحور (χ-χ) ، لأدّى هبوط الكتلة (B) ، وانزياحها نحو اليمين ، الىٰ ظهور تشقُّقات عند محور الإتصال (χ-χ) .

3.04 - : يلاحظ في معظم الحالات ، وصلة فصل شاقولية ، عرضها (25 m.m) ، تقع ما بين الأبنية.. تُحدِث هذه الوصلة ، عند المنسوب الواقع أسفل الأرض الطبيعيّة ، مشاكل تتجلّى في صعوبة إبعادها عن التأثُّر بالمياه الجوفية ، ويسبِّب جزؤها الواقع فوق منسوب الأرض الطبيعية ، مشاكل تتجلّى في صعوبة تجنيبها أمطار ، رياح وثلوج المنطقة . كما أنها تسبِّب مشاكل للمعماري ، تتجلّى في صعوبة إبداع واجهة كما يريدها المعماري ، لدخولها كعنصر من العناصر المكوِّنة لواجهة المبنى . بالمقابل ، يمكننا ترتيب المنشأة ، بشكل يمكن لنا معه التوصُّل إلى فصل كامل ما بين المساحات ذات الإرتفاعات المنخفضة ، وتلك ذات الإرتفاعات العالية .

تركّب فواصل التمدُّد ، في جزئها الواقع عند منسوب أرضيّة التأسيس ، بعد ثبات الأرضية على وضعية الإستقرار النهائي ، ويتمّ لها ذلك ، بعد أن تحمّل المنشأة ، بكامل حمولاتها الدائمة .

كما تركّب الفواصل ، في حال كان المطلوب استقرار التربة لأمد طويل ، بما يجعلها مهيأة للعمل ، ما بين أجزاء من المبنى ، ترتبط ببعضها ، عبر وصلات مفصليّة .



الشكل (٤ ـ ٢) : ما زالت تسبِّب الحمولات البسيطة نسبياً ، الواقعة على الجزء (D) ، هبوطات متباينة المناسيب ، تمر أسفل الجزء (C) ، مسبِّبة إزاحة نحو اليمين ، تصيب الجزء (C) .

اللوحة (٢ ـ ٢) : تظهر اللوحة الحدود القصوى ، للاخطار المحتمل وقوعها على الجدران والبانوهات الحاملة .

- **3.05** : إنّ اختيار موضع مناسب لفواصل التمدُّد الرئيسية ، لهو من الأهمية بمكان ، ففواصل التمدُّد ، ينبغي أن تلحظ على المسقط المعماري ، وأن تراعى عند مناقشة الجملة الإنشائية المختارة . إذ أن قرارات كهذه ، ينبغي أن تتخذ ، والمشْروع ما زال في مراحله الأولى . تقيّم وتحدّد إجراءات وتراتيب استقرار المبنى ، بناء على نتائج تجارب معاينة التربة . إلاّ أن نوعي الحركة المتاحة للمباني ، والحركة الكلية التي تتم في الإتجاه الطولي ، هي حركات ناشئة عن تأثيرات مختلفة ، تستجيب لها طرز البناء المختلفة ، استجابات متباينة ، لذا يلعب كلاً من الحس الهندسي السليم ، والخبرة الطويلة ، دورهما في تقرير شكل الفاصل وأبعاده .

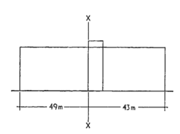
- **3.06** : قـدّم كـلٌ مـن «S Kempton» و«Mc Donald» ، نصائح على شكل ورقة ، تضمّنت ملابسات ثبات وانحراف المباني . أشارت الورقة هذه ، إلى الأخطار المعرّضة لها كلاً من الجدران والبانوهات الحاملة ، في منشأة تقليدية . توضح اللوحة (٢ ـ ٢) ، الأبعاد الواجب تركها ما بين أجزاء المباني هذه ، ليصار إلى استغلالها ، كفواصل تمدُّد تقيها الإنحراف عن الوضع السليم .

- **3.07** : يقترح لتحقيق أهداف التصميم ، عامل أمان تتراوح قيمته ما بين (1.25 لـ 1.5) . تتحدّد قيمة التشوُّه الزاوي ، بما نسبته (١) لكل (٤٥٠) ، إن كان عامل الأمان المستخدم مساو لـ (1.5) . إنّ نسبة تشوُّه إطار عار ، أي خال من بانوهات صلدة ، هي نسبة مضاعفة ، أي تساوي ما نسبته (١) لكل (225) . اقترح الباحثون الآخرون ، أرقاماً مشابهة ، فكانت لهم تشوُّهات نسبها واحد لكل (٧٥٠) و(١) لكل (١٥٠) على التوالي ، معبّرة بذلك عن الإفتقار إلى الدقّة ، لذا من المفضّل دوماً أخذ جانب الأمان .

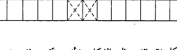
اللوحة (٢ ـ ٢) : تظهر اللوحة الحدود القصوى ، للاخطار المحتمل وقوعها على الجدران والبانوهات الحاملة .

بلاطة تأسيسيّة مسلّحة	أساسات منفصلة	ماهيّة الخطر
1/300	1/300	تشوُّه زاوي
44·5 mm 31·8 mm	Clay 44·5 mm Sand 31·8 mm	هبوطات عامة في التباين
76 to 127 mm 50 to 76 mm	Clay 76 mm Sand 50 mm	هبوطات أعظميّة

- **3.08** : تركّب وصلات التمدُّد أو التقلُّص ، على طول امتداد المبنى ، بهدف تجنُّب الأخطار الناشئة عن حركة المقاطع المحشورة ما بين المقاطع الأكثر صلابة . وتدل التجارب ، على أنّ بلاطة مشادة من البيتون ، موثوقة من أطرافها الأربع ، وسماكتها تصل إلى (150 m.m) ، تتولّد ضمنها قوى ضاغطة ، محصورة ما بين وثاقاتها ، تصل شدتها إلى حوالي (500 KN/m) ، على كل متر من أمتار عرضها ، بصرف النظر عن طول البلاطة ، وذلك في حال ارتفاع درجة حرارتها ، ما مقداره (١٧°) سانتيغراد . إنّ بلاطة مشابهة لتلك ، جرى صبُّها دفعة واحدة ، ومحصورة أيضاً بوثاقات أربع ، تتعرّض لقوى شد ، تدعوها إلى التقلُّص ، إن تعرضت لظروف مشابهة . إن المسافة المحصورة ما بين الوثاقات ، هي التي تحدِّد قيم التمدُّد المحتملة ، نظير ارتفاع أو انخفاض درجة حرارة الأجواء المحيطة . فإن كانت المسافة مثلاً ، حوالي ثلاثين متراً ، كانت مسافة التمددات أو التقلُّصات مساوية لـ (6 m.m) . ومن الملاحظ هنا ، أن الوثاقات و/أو البلاطة ، لا بدّ لها ضمن واقع هذه الظروف من التحرُّك ، فإن لم يكن ذلك متاحاً لها ، فإنّها ستتعرّض للكسر .

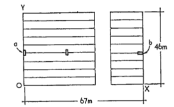


الشكل (٥ ـ ٢) : يظهر الشكل منشأة من ثمانية طوابق ، كسيت جدرانها ببانوهات بيتونيّة متّسعة الأبعاد . تمّ التنفيذ من اليسار إلى اليمين ، حيث ترك فاصل أثناء الإنشاء ، عند المحور (X-X) ، بعرض (13mm) .

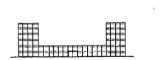


الشكل (٦ ـ ٢) : يظهر الشكل منشأة معدنيّة من طابق واحد ، تمتد لمسافة (90m) . زوِّد المبنى بروابط قطريّة واقعة عند منتصف المنشأة . تتمفصل الروابط بقواعد الأعمدة ، ممتدة إلى ان تصل منسوب السطح . تتيح عناصر الإكساء الخفيفة التوصُّل الى مرونة كافية .

3.09 - : تتلخّص مجمل قضية حركة المباني ، ومسألة تحديد المكان الملائم لوصلات التمدُّد ، في مبنى مستقل أو مجموعة من المباني المتصلة ، بأنها حركة تؤدي إلى تصدُّع يصيب نقاطاً نقاطاً محددة. يمكّننا التحديد المسبق لنقاط التصدُّع ، من مواجهة المشاكل ، واتخاذ التدابير بما يحول دون وقوع حادثة تصدُّع أو انكسار بعض نقاط المبنى . تستعرض بنا الأشكال (٥ ـ ٢) ، (٦ ـ ٢) ، (٧ ـ ٢) ، (٨ ـ ٣) ، (٩ ـ ٢) ، نماذج اكتسبت من الخبرة ، لما يمكن أن نتوقعه من حركات تصيب المبنى ، نتيجة ارتفاع أو انخفاض درجة حرارة الأجواء المحيطة .



الشكل (7 ـ 2) : يظهر الشكل منشأة من طابقين ، مخصصة لإيقاف السيارات ، مشادة على شيناجات أرضيّة تمتد لمسافة (7.6 m) ، مقاطعها مربّعة الشكل ، وجوائز سقفيّة حاملة ، تمتد موازية للمحور (x) . تحدّد أبعاد مجازات البلاطات على المحور «y» . تبلغ أبعاد الأعمدة الداخلية (610 × 229 m.m) ، أما الأعمدة الخارجية فتبلغ أبعادها (610 × 305 m.m) ، وهي تمتد موازية للمحور (y) ، كما هو العمود (a) ، الموضّح في الشكل ، حيث نضمن بذلك أداءاً إنشائياً أفضل . ستتعرّض المنشأة للانهيار ، إن نحن أدرنا الأعمدة الخارجية بزاوية (°90) ، كما في العمود (b) ؛ تلبية لاحتياجات تصميميّة .



الشكل (8 ـ 2) : لا يجوز حصر منشأة قليلة المرونة ، ما بين منشأتين صلبتين ، ذاتا ارتفاع عال .

الدرج وأجزاء المصعد

تقلّص

تمدّد

a

b

c

الشكل (9 ـ 2) : يظهر الشكل المظاهر التي تنتاب مبناً مشاد على دعمات شاقولية صلبة ، حيث يظهر الشكل ، كتلة نموذجية مؤلفة من عدد من الطوابق المتكررة . اختيرت مواضع كلٍ من الدرج المساعد واجزاء وتجهيزات المصعد ، كما هو موضح في الشكل (9 ـ 2 ـ آ) ، على الرغم من أن التصميم المقترح هذا ، يتعارض مع حركة المنشأة الطبيعية . إن الحلول البديلة هي الحلول القادرة على حلٍ المشاكل الانشائية ، اما على الطريقة الموضحة في الشكل (9 ـ 2 ـ ب) ، حيث تحرّر بها الحركة المتجهة الى الخارج ابتداء من التجهيزات المعدة للانتقال الشاقولي ، أو على الطريقة الموضحة في الشكل (9 ـ 2 ـ جـ) ، حيث يسعى إلى تصميم جدار مرن ، يقع عند طرف المبنى ، تكون وظيفته امتصاص واستيعاب الحركة الداخليّة .

● أخطار الزلازل والمشاكل الناشئة عن الحفريات :

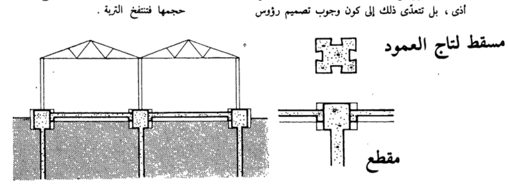
- **4.01** : الزلازل تعريفاً هي اهتزاز سطح الأرض ، وهو أمر يمكن أن يحدث إمّا لإنزلاق التربة على طول خطوط الصدع ، أو نتيجة انفجار بركان قريب . تحدث الإهتزازات في الإتجاهات الأفقية والشاقوليّة ، وما يحدث منها في الإتجاه الأفقي ، تفوق أضراره من خمسة لعشرة مرّات ، ما تحدثه الإهتزازات الشاقولية من أضرار . لقد درست الرعشات والإرتجافات هذه ، بين الفينة والفينة ، بأيد خبراء مختصين ، إلاّ أنها لم تصل في العديد من المناطق ، إلى درجة إدخالها بشكل مدروس ، ضمن التصاميم المعمارية ، مع أنّ هذه الرعشات ، هي بمثابة مشاكل جدّية ، لا بد أن تتصدى لها التصاميم ، إن أريد لها السلامة .

- **4.02** : إنّ مشاكل أعمال التنقيب وإجراء الحفريّات ، نجدها في بعض المساحات المنتشرة هنا وهناك . تجرى في بعض المناطق المبنية أعمال التنقيب ، وهي وإن كانت أعمالاً نادرة الحدوث في مواضع أشيد عليها ، أو يراد الإشادة عليها ، إلا أن المشكلة ، مشكلة قائمة ، وقد أخذت تتفاقم نتيجة قلة الأراضي الصالحة للبناء ، مما دعا المعماريون ، إلى بناء منشآتهم في مساحات كانت إلى وقت قريب ، مساحات يرفض المعماريون التعامل معها . يتم التعامل مع أمثال هذه المواقع ، بناء على معطيين اثنين ، الأوّل وتتم فيه الحفريّات ، أثناء إنشاء المبنى ، والثاني وتتم فيه الحفريّات بعد الإنتهاء من إشادة المبنى. تسبّب أعمال الحفريات والمنشأة قيد البناء، مشاكل تصيب أسس استقرار المبنى ، ممّا يسيء لمسبّبات الإستقرار ،أوممّا يدفعنا إلى توضيح الإجراءات المتّبعة ، لضمان ثبات المنشأة ، من خلال مصوّرات دقيقة التفاصيل . تعدُّ أعمال الحفريات المقامة ، بعد استكمال بناء المنشأة ، أعمالاً أكثر تعقيداً ، وتحتاج لمساعدة خبير في أعمال التنقيب ، يمكنه اعطاءنا فكرة عن نموذج الحركة المستقبليّة ، التي ستنتاب المبنى ، فور إجراء أعمال التنقيب .

● جيشان أو استقرار تربة التأسيس :

- **5.01** : أحياناً ، وخصوصاً في المستودعات المنتشرة على الموانىء ، تشاد المنشآت على أوتاد ، وتصمّم الأرضيات كأرضيات حاملة . في مثل هذه الحالات ، لا يكتفى عادة بأن تكون تربة التأسيس ، تربة متماسكة ، تحيط تماماً برؤوس الأوتاد ، دون أن تسبّب لنفسها أيّ أذى ، بل تتعدّى ذلك إلى كون وجوب تصميم رؤوس الأوتاد ، بما يجعلها أوتاداً ثابتة ومستقرّة ، أنظر الشكل (١٠ ـ ٢) .

- **5.02** : يمكن أن تصيب أرضية بيت المرجل الساخنة ، تقلّصات إن صادفت في الأسفل تربة متماسكة ، بينما تسبّب البرودة المنتشرة في مستودعات التبريد ، تمدُّد التربة الواقعة أسفل أرضيّة المستودع ، وبالتالي يزداد حجمها فتنتفخ التربة .



الشكل (10 ـ 2) : يوضّح الشكل تفصيلة وصلة الأرضيّة بتاج الوتد . تثبّت الجسور بالأرضية ، عن طريق أخاديد تحفر على وجه تاج الوتد ، بهذا نضمن ثبات تيجان الأوتاد ، ونمنع الأخطار الناشئة عن هبوط بلاطات الأرضية .

● الحركة التفاضلية لعناصر المبنى :

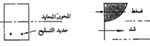
- **6.01** : من الواضح أنه ينبغي أخذ حركات العناصر بعين الإعتبار ، خصوصاً تلك التي تتم على شكل تشوُّهات تصيب الجسور ، الأرضيات ، الجدران والأعمدة ، والناشئة عن الحمولة الذاتية ، الحمولة العملية وحمولات الريح . هذا ، وعلى امتداد ثلاثين عاماً ، تمكّنا من الوصول إلى معرفة أفضل ، لطرق أداء المواد ، وإلى ضبط أوعى لتقنية انتاج العناصر منها ، ممّا قادنا إلى تصميم عناصر بمقاطع أبسط ، وبنفس الوقت قادرة على تلقي حمولات مكافئة ، لما كانت تتلقّاه العناصر بأبعادها الأكبر .

- **6.02** : منذ عام (١٩٣٠) وحتى الآن ، ارتفعت إجهادات الإنشاء المسموح بها للفولاذ الإنشائي ، من (123 N/m.m^2) إلى (162 N/m.m^2) ، خصوصاً لتلك المصنعة من الحديد المطاوع . أمّا لتلك المصنّعة من الحديد ذي المقاومة العالية للشد ، فإنّها ارتفعت من (123 N/m.m^2) إلى (138 N/m.m^2) . إنّ إجهادات الشد المسموح بها لحديد التسليح ارتفعت أيضاً من (110 N/m.m^2) إلى (138 N/m.m^2) للحديد المطاوع ، وإلى حوالي (277.5 N/m.m^2) للحديد متوسّط المقاومة لقوى الشد ، وتصل حتى (345 N/m.m^2) للحديد عالي المقاومة . توجد في كلّ الحالات تغيُّر بسيط ، يصيب معامل المرونة ، وهو معامل يساوي النسبة ما بين الإجهاد والإنفعال . إنّ التغيُّرات الطارئة هذه ، قد تفضي إلى تشوُّهات أكبر إن استخدمت المواد هذه ، بكامل طاقتها الإنشائية .

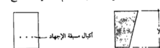
- **6.03** : ارتفعت مقاومة البيتون في منشآت البيتون المسلح ، من (14 N/m.m^2) إلى ما يتراوح ما بين (21 N/m.m^2) و (41 N/m.m^2) . ومن الملاحظ في مادّة البيتون ، أنّ منحني تزايد معامل المرونة ، لم يكن منحنٍ خطي ، يتزايد بإطراد بتزايد المقاومة . لهذا كان استخدام عيّنات من البيتون عالية المقاومة ، تستدعي ارتفاعاً في التشوُّهات ، تتم كلّما قلت أبعاد المقاطع المستخدمة في العملية الإنشائية .

- **6.04** : إنّ الحاجة إلى البيتون مسبق الإجهاد ، والبيتون عالي المقاومة ، أصبحت حاجة ملحّة ، إلا أننا والحال هذه ، نصطدم عند استخدامها بمشاكل ، ليست هي من المشاكل المعتادة ، إذ تصبح معها حركة التشوُّهات أكثر تعقيداً . نستطيع الحصول من خلال استخدام البيتون

مسبق الإجهاد ، والبيتون عالي المقاومة ، على مقاطع بسيطة الأبعاد ، عزوم عطالتها ومعاملات مرونتها أكبر بكثير من تلك التي تتصف بها مقاطع بأبعاد مكافئة ، وذلك لكون تلك المقاطع خاضعة لإجهادات مسبقة ، تبقي المقطع سليماً ، في حال تعرّضه لإجهادات تفوق ما يسمح لمقاطع مكافئة من البيتون المسلح أن تتعرّض له ، وبالتالي فإن حجم التشوُّهات ، تقلُّ في تلك المقاطع ، عن تلك التي يمكن أن تتعرّض لها المقاطع المكافئة ، أنظر الشكل



الشكل (11 ـ 2 ـ آ) : تتعرّض مساحة البيتون المحصورة بالمحور (x) ، إلى إجهادات شد ، تكفي لإحداث صدع بها ، ولهذا لا تدخل المساحة هذه في حساب العزم الثاني للمقطع .



الشكل (11 ـ 2 ـ ب) : يظهر هذا الشكل ، كيف تكيّف المقاطع المصمّمة على مبدأ سبق الإجهاد ، مع الحمولات الواقعة بالكامل على المساحات المعرّضة لقوى الضغط ، وبذلك نضمن عدم تشققها . الآن المقطع بالكامل ، بما فيه الأكبال المشدودة ، تشترك في حسابات التوصُّل إلى عزم المساحة الثاني .

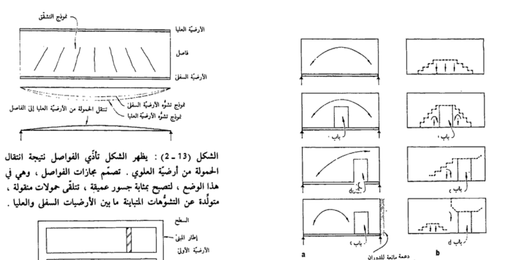
(١١ ـ ٢) . هذا من جهة ، ومن جهة أخرى ، فإنّ قوى الإجهادات المسبقة تعمل في اتجاه واحد ، مما يسبّب تقلّصات محوريّة للعنصر ، تؤدي على المدى الطويل ، إلى تشوهات باتجاه الأعلى والأسفل ، تفضي إلى ما يسمّى بإجهاد الزحفان ، المتمثّل بتشوُّهات العناصر ، تشوُّهات ضارّة بسلامة المنشأة ، إن بقيت ضمن حدودها المقبولة . ومن الواضح أننا لن نقبل تشوُّهات أزدادت مقاديرها ، إلى درجة تعطي انطباعاً ، بأن المبنى على وشك الإنهيار ، كما لن نقبل باهتزازات ، تفوق قدرة مرونة العناصر على امتصاصها ، وبالتالي تحوُّل تلك الإهتزازات لشدة استجابة العناصر لها ، إلى مصدر قلق دائم لمستثمري المبنى . إنّ التشوُّهات بحدِّ ذاتها ، ليست دوماً بذات خطر كبير على سلامة المنشأة ، بل إنّ أخطارها الأكيدة ، تنصب دوماً على العناصر التي تتضرر من تشوُّهات العناصر الحاملة ، الفواصل الداخلية ، مواد الإكساء الداخلية ، بانوهات التكسية ، وغيرها من مواد الإكساء الأخرى . إن تجهيزات المرافق الحيوية ، هي أيضاً من العناصر المتضرِّرة ، فتجهيزات تصريف المياه ، يمكن لها أن تعجز عن أداء وظيفتها ، نتيجة تشوُّهات العناصر الحاملة ، إذ قد تؤثِّر تلك التشوُّهات ، على اتجاهات الميول فتعكسها .

● الفواصل الداخليّة :

7.01 - : على الرغم من احتواء أنظمة البناء ، على تعليمات ونصائح تفيد منها أساليب تنفيذ الفواصل الداخلية ، إلا أنها ما زالت تعدُّ مصدر خطر مستمر على المنشأة ، وغالباً ما تكون مناط انتقادات كثيرة ، إذ لها تعزى إهمالات أصحاب المهن . للتخلُّص من الإزعاجات ، لا بّد من تصميم الفواصل ، بأساليب ملائمة لأساليب تصميم وإنشاء بقيّة عناصر المنشأة ، والعكس بالعكس . ومن سوء الحظ ، تواري العديد من أساليب التنفيذ التقليديّة القديمة ، على الرغم من اشتراك العديد من المواد والمفاهيم التصميمية الجديدة ، في صلب أساليب التنفيذ القديمة تلك . وبذا لم يعد من المستغرب أن نجد ، فواصل صلدة كثيفة البنية ، تكسو سطوحها طبقة قاسية من الزريقة الإسمنتية ، مستندة على أرضيات مرنة .

7.02 - : منذ عام (١٩٣٠) ، اكتشفت واستخدمت الأعمدة البيتونيّة المسلّحة ، المسؤولة مع إطار الجسور المحيطة ، على حمل حمولات المبنى ، ونقلها بشكل سليم إلى القواعد التأسيسية . إن سلامة الجمل الإنشائيّة هذه ، كانت إلى وقت قريب ، هي المقياس الحقيقي لسلامة المنشأة . كانت تتحكم بأبعاد الجسور ، اقتصادية البيتون النسبيّة ، سهولة التعامل مع الهيكل البنائي ، واشتراك الحديد في العمليّة الإنشائيّة ، إذ بهذه العوامل تتحدّد درجة صلابة المنشأة . ابتداء من عام (١٩٥٠) ، ابتدأنا نرى بلاطات بيتونية ، تحصر بينها شرائح مسلّحة ، على شكل جسور لا تتجاوز ارتفاعاتها ، ارتفاع البلاطة .

لقد تغيّرت مع الزمن ، طرق تحقيق اقتصاديّة المبنى ، فلم تعد تحتاج البلاطات المستوية ، إلى أساليب إكساء معقّدة ، وبالتالي فإنّ ارتفاعات الطوابق تقلّصت ، وخفّت تكاليف أعمال التزيينات . ذلك كلّه قادنا إلى مزيد من المرونة . أصبحت الأرضيات في الأبنية الحديثة ، تتلقّى الحمولات المباشرة ، وتأثيرات حمولة الرياح ، وهي خاصيّة ما زالت مشوّشة في أذهان المعماريين . إنّ مظاهر التصدُّع ، التي يمكن أن نشاهدها على الفواصل الداخليّة ، هي المتجليّة على شكل صدوع ، نلحظها على الجدران ، نتيجة تلقّيها لمجموعة من القوى والتأثيرات ، كما هو موضّح في الشكلين (١٢ ـ ٢) و(١٣ ـ ٢) . يوضّح الشكل (١٤ ـ ٢) ، انتقال الحمولة من الجسور ، إلى الفواصل الداخليّة غير الحاملة .



الشكل (12 ـ 2) : يظهر الشكل تأثيرات الأرضيّات المشوّهة على الفواصل الداخليّة الصلدة ، سواء أكانت تلك الفواصل حاوية على أبواب أو خالية منها .

الشكل (12 ـ 2 ـ آ) : يظهر الشكل مساهمة فعل الفواصل القوسي ، في التخفيف من تشوّهات الأرضيّة .

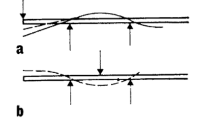
الشكل (12 ـ 2 ـ ب) : يظهر الشكل الأسباب المؤدية إلى التصدُّع ، حيث تتّجه حركة الأرضيات نحو الأسفل ، بينما تدور المساحات المتصدِّعة حول محاورها .

الشكل (13 ـ 2) : يظهر الشكل تأذّي الفواصل نتيجة انتقال الحمولة من أرضيّة العلوي . تصمّم مجازات الفواصل ، وهي في هذا الوضع ، لتصبح بمثابة جسور عميقة ، تتلقّى حمولات منقولة ، متولّدة عن التشوُّهات المتباينة ما بين الأرضيات السفلى والعليا .

الشكل (14 ـ 2) : يظهر الشكل تأذّي الفواصل نتيجة الحمولة المنقولة من الجسر العلوي نصل إلى هذا الوضع ، في حال إنشاء الفاصل قبل المباشرة في إنشاء العناصر الحاملة ، وفي حال وصل الفاصل بجسر السطح وصلة مسماريّة . تظهر التأثيرات نتيجة كون التشوُّهات التي تعتري جسر السقف ، أكبر بكثير من تلك التي تعتري جسر أرضية الطابق الأوّل ، وبالتالي انتقال الحمولات المتولّدة عن تلك التشوُّهات الزائدة إلى الفاصل الداخلي .

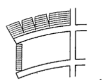
● مشاكل التشوُّهات الأخرى الناشئة عن الحمولة المطبّقة :

- 8.01 : تحسب الأظفار ، وكأنّها منبثقة عن منشأة صلابتها مطلقة ، وهي لا تقيم وزناً عند حسابها ، لدوران المسند ، الذي قد يسبِّب زيادة أو نقصان التشوُّهات الطرفيّة ، أنظر الشكل (١٥ ـ ٢) . إنّ الأخطار التي يمكن

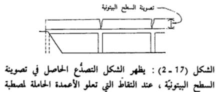


الشكل (15 ـ 2 ـ آ) : يظهر الخط المنقّط ، شكل تشوُّه الظفر الممتد ، إلاّ أنّ دوران المسند ، يغيِّر من شكل التشوُّه ، ليصبح على شكل آخر ، مثّل في الشكل ، على شكل خط مستمر .
الشكل (15 ـ 2 ـ ب) : يظهر الخط المنقّط ، شكل تشوُّه الظفر الممتد ، وهو شكل مغاير للشكل الموضّح في الشكل (15 ـ 2 ـ آ) ، حيث يرتفع خط التشوُّه ، نتيجة تغيُّر موضع الحمولة المطبّقة ، فبعد أن كانت حمولة طرفيّة ، أصبحت حمولة مطبّقة على المجاز التالي .

أن تتعرّض لها العناصر الحاملة ، لا يمكن تفاديها ، من خلال الحساب الدقيق ، أنظر الشكل (١٦ ـ ٢) ، خصوصاً إن قيِّدت حركة المسند . تكشف الجسور المستمرّة عن قوى شد تتركز فوق المساند ، مما يدعونا إلى تركيب وصلات ، ضمن العناصر المحمولة ، أنظر الشكل (١٧ ـ ٢) .

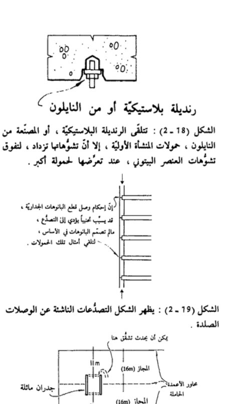


الشكل (16 ـ 2) : يظهر الشكل ، أنه في حال كانت عناصر إكساء السقف ، هي من العناصر الصلبة ، أو موصولة بأحكام إلى الظفر ، فإنّ احتمالات تأذّيها ترتفع ، وقد تصل إلى حدٍّ يؤدي إلى تصدُّعها وانهيارها بالكامل . يصبح شكل الجدار ، الواقع أسفل الظفر ، والممتد على طول الظفر ، كما هو موضّح في الشكل .



الشكل (17 ـ 2) : يظهر الشكل التصدُّع الحاصل في تصوينة السطح البيتونيّة ، عند التقاط التي تعلو الأعمدة الحاملة لمصطبة الجسر .

- 8.02 : يتطلّب إنشاء البانوهات متّسعة الأبعاد ، أو الجسور الضخمة مسبقة الصب ، براغي لضبط الإستواء ، أو شرائح خشبيّة تركّب لضمان استناد الجسور هذه على حواملها ، استناداً مستوياً . ترتفع الإجهادات العاملة على تمزيق العناصر الحاملة ، ما لم تحرّر براغي وشرائح التسوية ، أو ما لم تجهّز الحشوة ، بما يجعلها أهلاً لتحمُّل حمولة المنشأة ، وصالحة لتثبيت منشأة الإكساء تثبيتاً تاماً ، أنظر الشكل (١٨ ـ ٢) . لا يمكن اعتبار بانوهات الإكساء ، المصمّمة على هذا النمط ، بانوهات حاملة تمتد ما بين أرضيات الطوابق ، ما لم تصمّم أصلاً لهذا الغرض . تصمّم البانوهات هذه ، بحيث تستند من أحد أطرافها ، على دعمة حاملة ، بينما يترك طرفها الآخر ، مستنداً بشكل مرن على دعمة أخرى ، أنظر الشكل (١٩ ـ ٢) . وقد تسبِّب التغيّرات الطارئة على شبكة تسليح البلاطة ، تشوُّهات تفضي إلى تصدُّع المبنى ، أنظر الشكل (٢٠ ـ ٢) . يمكن أن تتضرّر الأرضيات ذات المجازات الممتدة ، لتعارضها مع نظام الدعم الإضافي ، والتي تصطدم مراراً عند نقاط اتصالها بالطرق الصاعدة المؤدية



الشكل (18 ـ 2) : تتلقّى الرنديلة البلاستيكيّة ، أو المصنّعة من النايلون ، حمولات المنشأة الأوليّة ، إلا أنّ تشوُّهاتها تزداد ، لتفوق تشوُّهات العنصر البيتوني ، عند تعرُّضها لحمولة أكبر .

الشكل (19 ـ 2) : يظهر الشكل التصدُّعات الناشئة عن الوصلات الصلدة .

الشكل (20 ـ 2) : يظهر الشكل التصدُّعات الناشئة عن تغيُّر محاور العناصر الحاملة .

إلى بقيّة طوابق منشأة مخصصة مثلاً ، لإيقاف السيارات .
توضح الأشكال (٢١ ـ ٢) ، (٢٢ ـ ٢) ، و(٢٣ ـ ٢) ،

الشكل (21 ـ 2) : يظهر الشكل منشأة تقع تحت منسوب الأرض الطبيعية ، وهي منشأة كما تظهر لنا ، مؤلّفة من سقف ذي مجاز ضخم ، يمتد فوق مسرح أو بحيرة للسباحة . إنّ تغيُّراً يطرأ على سهم هبوط الجائز الرئيسي ، يسبِّب تصدُّعاً يصيب عناصر الإكساء ، الممتدة على المحور «x - x» ، ما لم يوضع السطح المنزلق موضع الإستعمال .

المشاكل التي يمكن أن تنشأ عن دوران الجسور ، المستندة استناداً بسيطاً عند نقاط الإستناد .

الشكل (22 ـ 2) : إنّ تغيراً في الميول ، تطرأ على الجوائز الثقيلة ، المحمولة على كتائف تثبيت ، أو حوامل بيتونية ، قد تسبِّب انكسار الحافّة الحاملة . يمكننا تجنُّب الظاهرة هذه ، برفع الجسر على وسادة مرنة ، كوسادة النيبرون .

الشكل (23 ـ 2) : يظهر الشكل ، شكل تحطُّم الجسور مسبقة الإجهاد ، المعرّضة لضغط عال ، يتناول أسفل الكتيفة الحاملة ، ممّا يؤدي إلى انسحاب الكتيفة ، بعيداً عن مكانها الأصلي .

● الحركة الناشئة عن تغيّرات بيئيّة :

9.01 - : بينما تستجيب وتتفاعل كافّة المواد مع التغيُرات الحراريّة ، كذلك تستجيب وتتفاعل مواد كالبيتون ، الحجر والخشب ، مع نقصان وهجران الرطوبة . فعلى الرغم من استخدام مواد عزل حديثة ، خفيفة الوزن وذات كفاءة عالية ، إلّا أنه يبقى من غير المحتمل ، أن تتساوى درجة حرارة أجزاء المبنى . إنّ الأجزاء المحاطة بعوازل ، هي فقط الأجزاء التي يمكن التحكّم بحركتها ، بينما تظل حركة الأعمدة ، والجسور الطرفية المكشوفة ، بمنأى عن تحكُّم المصمِّمين ، إذ تتعرّض هذه العناصر ، لتشوُّهات بالإتجاه العرضي ، تفضي إلى تصدُّع الأرضيات أو الجدران الداخلية ، أنظر الشكل (٢٤ - ٢) . ينبغي ترك مسافة سماح لعناصر التكسية ، تكون كافية لامتصاص حركة تلك العناصر ، المتواجدة خارج حزام المناطق المعزولة . تتحدّد أبعاد الفجوات المتروكة ما بين العناصر ، وكذلك شكل وأبعاد المثبّتات المستخدمة في تثبيت المنشأة ، وفقاً لأبعاد العنصر .

ضغط
درجة الحرارة الداخلية
~21°C
حافّة مكشوفة على شكل جسر تصل حرارته إلى (12°C)
شد
شد
تشقّقات

المسقط a

الشكل (24 ـ 2 ـ آ) : الأرضيّات .

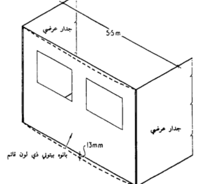


المقطع b

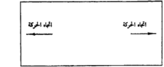
الشكل (24 ـ 2 ـ ب) : الجدران الداخلية .

الشكل (24 ـ 2) : يظهر الشكل الشقوق والتصدُّعات الناشئة عن التباينات الحراريّة ، التي تكون عليها الأعمدة المكشوفة والجسور الطرفيّة .

- **9.02** : تتشوّه بلاطة وجسور السطح باتجاه الأعلى ، إن هي تعرّضت لحرارة عالية ، إذ تتحرك العناصر هذه بشكل مفاجىء ، إن تعرّضت لأشعة الشمس ، خصوصاً إن كانت خالية من المواد العازلة . يمكن أن يتمدّد السطح ككل ، محطّماً بذلك المنشأة الحاملة ، أو معرِّضاً نفسه للإنكسار ، إن كانت المنشأة الداعمة ، منشأة

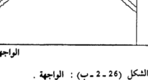


الشكل (25 ـ 2) : يظهر الشكل ، أنّ بانوهاً بيتونيّاً ذي لون قاتم ، يمكن أن يلتوي ، إن هو تعرّض لحرارة أشعة الشمس ، التواء مسافته تساوي (13 m.m) ، إن كان ذاك البانوه ، يصل ما بين جدارين عرضيين ، يبعد إحداهما عن الآخر ، مسافة (5.5 m) .



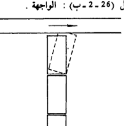
a مسقط السطح

الشكل (26 ـ 2 ـ آ) : **المسقط** .



b الواجهة

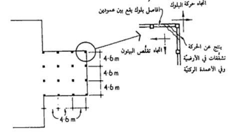
الشكل (26 ـ 2 ـ ب) : **الواجهة** .



الشكل (26 ـ 2 ـ ج) : يظهر الشكل تفصيلة الوصلة المسماريّة ، التي تربط الفاصل الداخلي بالسطح البيتوني ، وهي وصلة تتحطّم ، فور تحرُّك السطح .

الشكل (26 ـ 2) : يظهر الشكل ، شكل تمدُّد السطح ككل .

صلبة . يمكن نتيجة تعرُّض السطح لحرارة أشعة الشمس أيضاً ، أن تتحرك تصوينة السطح مبتعدة عن مكانها ، أو أن تتعرّض لشقوق تنتشر على امتداد طولها ، أنظر الشكل (٢٥ - ٢) . يوضح الشكل (٢٦ - ٢) ، تأثيرات حرارة أشعة الشمس المباشرة ، على البانوهات البيتونية الضخمة .



الشكل (27 - 2) : يظهر الشكل ، شكل تصدُّع الأرضيّة البيتونيّة ، الحاصل عند عمود الزاوية ، في منشأة تبعد شبكة مجاور أعمدتها عن بعضها البعض ، مسافة (4.6 m) ، وذلك نتيجة إشادة جدارين من البلوك ، ما بين عمود الزاوية ، والعمود الواقع إلى جواره من كلّ طرف .

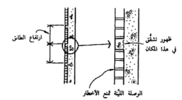
- **9.03** : اقترحت بعض أنظمة التنفيذ ، تركيب وصلات شاقوليّة ، في واجهات جدران البلوك ، وفق فواصل منتظمة ، لا يزيد بعد إحداها عن الأخرى (15 m) . تنفّذ هذه الوصلات على الوجه الخارجي لجدار مفرّغ ، ارتفاعه لا يقلّ عن (9 m) . يحرص على دعم الجدار من الداخل ، لكي نحول دون تمزُّق روابطه . إنّ بناء جدران من البلوك ، ضمن منشأة بيتونية ، يجعل أمر الفواصل عسيراً ، نتيجة لما نجده من الاختلاف فيما بينها ، من حيث مسافات التقلُّص ، ومن حيث طبيعة حركتها ، استجابة لدواعي ارتفاع نسب الرطوبة . إنّ ما يحدث في الحقيقة ، هو تمدُّد لسطوح جدران البلوك الصلدة ، يقابله تقلُّص للهيكل البيتوني ، ممّا يؤدي إلى ما هو موضّح في الشكل (٢٧ - ٢) . إنّ ما تفضي إليه الحركتان ، هو تشقّق قطري ، يصيب زوايا بلاطات الطوابق . تنزلق العقد الحاملة لجدران الجمالون البيتوني ، بعيداً عن موضعها ، حركة رطوبة ، جدران البلوك ، على الرغم من أن الوصلة اللّينة ، لا تغادر أسفل العقدة ، كما هو موضّح في الشكل (٢٨ - ٢) .

- **9.04** : سندرس بشيء من التفصيل ، تقلُّص وتغيُّر أبعاد البيتون ، نتيجة تعرّضه لإجهادات طويلة الأمد ، ناشئة عن تباين حرارة أجزائه المكوِّنة ، في جزء لاحق إن شاء الله .

إن المشكلة التي طالما واجهت المصمِّمين ، هي صعوبة دراسة حركة جدران البيتون الخارجية ، المغطاة بالآجر ، الموزاييك ، أو بكسوة مسبقة الصب . إن لم تركّب وصلات أفقية كافية ، فإنّ عناصر التغطية ، ستدفع بعيداً عن الجدار ، نتيجة حركة البيتون باتجاه الأسفل ، تحت وطأة الضغوط المرنة ، وتقلُّصات السطح البيتوني .

● الخلاصة :

- **10.01** : كان الهدف من الدراسة هذه ، هو تسليط الضوء على حركة المباني بشكلها العام ، لذا لم تتطرّق الدراسة ، إلى توضيح تفاصيل وصلات التمدُّد . تعدُّ وصلات التمدُّد في الظروف العادية ، وصلات مكلفة ، وهي تزداد كلفة ، إن أريد إبعادها عن التأثر بظروف الطقس المتغيِّرة . إنّ القرار الحكيم ، هو القرار المتوازن ، الذي يمكِّننا من تفادي أخطار تشقُّقات المباني ، بأقلِّ كلفة ممكنة ، ولهذا الغرض ، يعدُّ التفاهم ما بين المعماري والإنشائي ، وإدراكهما معاً لأبعاد المشكلة ، الضمان الوحيد لتحقيق المعادلة الصعبة هذه .



الشكل (28 ـ 2) : يظهر الشكل ، كيف يمكن أن يحدث تشقّق في الرأس المستدق الحامل ، في الجدار الجمالوني ، المشاد من البلوك ، نتيجة تبدُّل محتوياته من الرطوبة .

● إجراءات معالجة ووقاية قطع الإنشاء الخشبيّة :

- **11.01** : تتناول الفقرة هذه ، وصفاً تفصيلياً لمختلف أنواع المواد المستخدمة ، في وقاية وحفظ قطع الإنشاء الخشبيّة ، كما تحوي شرحاً مفصلاً ، لأساليب تطبيق مواد الحماية هذه ، وبيان المدى الزمني ، التي يمكن أن تتطاول به القطعة سليمة معافاة ، لما طبِّق فيها من معالجات ، وما نالته من حماية .

حوت الفقرة أيضاً ، بعض الملاحظات الموجزة ، التي يمكن بموجبها تبيُّن أساليب المعالجة ، المتّبعة لإعاقة انتشار النيران في القطع الخشبيّة ، في حال نشوبها .

* أخطار تفسُّخ القطع الخشبية :

- **11.02** : يتعرض أخشاب القلب ، عديمة المقاومة ، والقطع المستخرجة من نسغ الأخشاب للتفسُّخ ، كما تكون عرضة لمهاجمة الحشرات ، خصوصاً إن كانت تلك القطع ، معرّضة لظروف من شأنها ، رفع محتوياتها من الرطوبة ، إلى ما تزيد نسبته عن (٢٠ ٪) ، ولفترة طويلة . إنّ قطع الأخشاب ، المراد غمرها كاملة في الماء ، وتلك المستخدمة في إنشاء أحواض السفن ومنشآت المرافىء ، تعالج بما يجعلها محميّة من التفسُّخ والإهتراء ، إلاّ أنها تبقى معرّضة لأخطار الثقّابات البحريّة ، كأن تهاجمها آكلة الخشب ، وهي دودة تهاجم المراكب ومنشآت الميناء الخشبيّة .

- **11.03** : يمكننا تقليص الأخطار ، التي يمكن أن تتعرض لها أجزاء وعناصر المنشآت ، الواقعة فوق منسوب الأرض الطبيعيّة ، بتجهيز تفاصيل جيِّدة ، تعنى بعزل العناصر الخشبية هذه ، عن منابع ومصادر الرطوبة ، كالتعرُّض للمطر ، للمياه الجوفيّة ، ومصادر الرطوبة الداخلية ، والعمل على تأمين تهوية كافية ، لإتاحة الفرصة أمامها ، لكي تجف تماماً . إنّ الصيانة المنتظمة للقطع هذه ، تعدُّ واحدة من أهم الإجراءات الداعية إلى سلامة المنشأة . إنّ إهمال تركيب الميزابات المطريّة ، وتنفيذ السطوح بشكل عشوائي ، والإبتعاد عن الشروط الصحيحة ، المفترض اتباعها عند تركيب التمديدات الصحية ، أو تجاهل متطلّبات التهوية ، كلُّ ذلك يزيد من فرص تعرُّض المنشأة لمسبِّبات التفسخ والإهتراء .

- **11.04** : إنّ التدابير الوقائية ، التي من شأنها الحفاظ على محتوى رطوبة القطع الخشبية ، المستخدمة في أعمال تنفيذ الأبنية ، ضمن الحدود المنصوح بها ، هي إجراءات هامّة ، خصوصاً للقطع ذات الوظائف الإنشائية المستقلة ، كالجسور والجوائز الشبكية . تمتد الإجراءات الوقائية ، لتعم مجمل المراحل ، التي تمر بها القطعة الخشبية الخام ، وصولاً إلى أمكنة استثمارها ، فحسن اتخاذ تدابير الحيطة أثناء التصنيع ، النقل ، التخزين ضمن الموقع ، وأثناء تركيب القطع في أماكنها ، كلُّ ذلك يلعب دوراً في تجنيب القطع الحاملة عوامل الإهتراء ، وبالتالي ضمان سلامة المنشأة الخشبية . يجري تخزين القطع الخشبية ، ضمن مساحة مغطّاة ، خالية من الأتربة ، وتهويتها جيِّدة . تشير قراءات عدّادات الرطوبة ، المستخدمة ضمن مواقع الأبنية ، إلى أن القطع الخشبية المعرضة للأمطار ، لفترة قصيرة من الزمن ، تقع ضمن الفترة اللازمة لتركيب القطعة ، تتبلّل سطوحها فقط ، وسرعان ما تجف هذه السطوح ، فور تغطيتها .

* اتخاذ الحيطة في الأماكن المطلوبة :

- **11.05** : يجب اتخاذ الإجراءات الوقائية وتدابير الحيطة ، للقطع الخشبية منخفضة المقاومة ، أو لتلك القطع المتينة ، المقتطعة أساساً من نسغ الأشجار ، ومن أشجارها الغضّة ، والمعرّضة لظروف قاسية ، يخشى معها من أخطار التفسُّخ ، أو لظروف مواتية لحياة الحشرات الفاتكة ، ببنية القطع الخشبية المستخدمة ، وهي الظروف التي لا يمكن تجنُّبها تصميمياً . كما تجب حماية القطع الخشبية ، المتواجدة في أماكن يتعذّر الوصول إليها ، وبالتالي صيانتها ، خصوصاً تلك التي إن تعرّضت للتفسُّخ ، عجز البناء عن البقاء صامداً منتصباً ، ومن هذه القطع ، العناصر الإنشائية الملامسة للتربة أو بيتون الأرضية ، والخالية من طبقة حماية مانعة للرطوبة ، أو المكوِّنة لعناصر الإكساء الخارجية ، ذات الطبيعة النفوذة ، أو المتواجدة ضمن فجوات خالية من وسائل التهوية ، والمعرّضة لأجواء رطبة ، وأخيراً وليس آخراً ، العناصر الداخلة في إنشاء مباني تنتشر فيها كميّات كبيرة من الهواء الرطب ، نتيجة طبيعة ما تقوم به من وظائف ، كمصانع

الجعة ، أو المحلّات المخصّصة لصبغ ودبغ الجلود . كما تجب الحيطة واتخاذ تدابير الوقاية ، بحق القطع والعناصر الداخلة في تشكيلة السطوح ، خاصّة ما كان منها يدعو إلى التقيُّد بأنظمة البناء ، بما فيها البنود التي تحضُّ المصمِّم ، على اتخاذ تدبير من شأنه ، الحد من تسلل الخنفساء القارضة للأخشاب ، ولتلك الخاصة بالقطع الخشبية الليِّنة ، ذات المتانة الضعيفة ، والمستخدمة في تشكيلة عناصر الإكساء الخارجية . وبشكل عام تجب الحيطة واتخاذ أساليب الوقاية ، بحق كافة منتجات مهنة النجارة ، والمخصصة لتوظف في المساحات الخارجية ، والمعرّضة لظروف الطقس المتباينة .

- **طبيعة ومواضع القطع المستحسن وقايتها :**

- **11.06** : تجرى أعمال الوقاية هذه ، للقطع التي لا يخشى عليها من مهاجمة الحشرات ، ومن أخطار الفتك بها ، بل لتلك التي يصعب صيانتها ، أو يشك في إمكانية تنفيذ واستكمال أعمال الصيانة هذه ، فتصبح جديّة إجراءات الوقاية ، هي مقياس ضمان سلامة القطع الخشبية ، والتي بها تستطيع القطعة ، مواجهة ما يمكن أن تتعرّض له ، نتيجة أعمال الترميم المستقبلية ، للعناصر الداخلة في تشكيلته ، كالقطع الداخلة في تركيبة أرضية الطابق الأرضي المعلّقة ، في تشكيلة الأسطح ، وفي البنية الهيكليّة للجدران الخارجية .



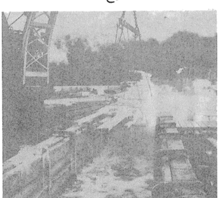
الشكل (29 ـ 2) : يظهر الشكل ، ورشة من الورشات المنتشرة في فنلندا ، والمتخصِّصة بمعالجة الأخشاب الحمراء بالبورون .



الشكل (30 ـ 2) : يظهر الشكل ، ورشة أخرى من الورشات المنتشرة في فنلندا ، والمتخصِّصة بمعالجة الأخشاب الحمراء بالبورون .

- نوعيّة ومواضع القطع المكتفية بمتانتها الطبيعيّة :

- 11.07 : وهي القطع والعناصر المتواجدة ضمن مساحات تحيط بها أجواء جافّة ، والتي تحول أماكن تواجدها ، دون وصول الحشرات القارضة إليها ، كالعناصر الداخلة في تركيبة الفواصل الداخلية ، في تشكيلة أرضيات الطوابق الوسطى ، وفي بنية المفروشات والتجهيزات الداخلية ، إلخ . .



الشكل (31 ـ 2) : يظهر الشكل ، إحدى ورشات معالجة الأخشاب في كندا .

- 11.08 : توضّح اللوحة (٤ ـ ٧) ، ملخّصاً لمتطلبات إجراءات وقاية قطع الإنشاء الخشبية ، خصوصاً تلك المتعلّقة بتوضيح مواد وأساليب الوقاية ، من أخطار التعرُّض لظروف الطقس المتباينة .

اقتبست المعلومات الواردة في اللوحة هذه ، من نظام بناء قد عدِّل حديثاً ، وزوِّد بكم هائل من التفاصيل ، التي يمكن لها أن تقودنا ، وتوجِّه خطانا في طريق إدراك متطلبات معالجة سلسلة عريضة من المكوِّنات والعناصر الداخلة في تشكيلات الأبنية ، وفي تصنيع التجهيزات المستخدمة لأغراض إنشائية .

* خطوات معالجة قطع الإنشاء الصلدة :

- قياس درجة فعّاليّة إجراءات المعالجة :

- 11.09 : تتأثّر فعاليّة إجراءات المعالجة بعوامل متعدِّدة أهمُّها : مدى سميّة المواد المستخدمة في عمليّة وقاية وحفظ القطع الخشبية ، مدى قدرة تلك المواد على التغلغل داخل بنية القطعة الخشبية ، وأخيراً وليس آخراً ، مقدار المادّة التي يمكن أن تحجز وتستبقى داخل بنية ونسيج القطعة الخشبية . هذا ، وفي حال كانت القطع الخشبية ، يراد

الإصطلاحات المستخدمة في اللوحة (3 ـ 2) :

تحمليّة أو متانة خشب القلب الصلب :

تقاس تحمليّة أو متانة القطع الخشبيّة ، بقدرتها على تحمُّل ظروف ، تساعد بطبيعتها على إتلاف وإفساد القطع الخشبيّة ، كأن تكون تلك القطع ، على تماس مع الأرض الطبيعيّة . تصنّف هذه القطع وفقاً لهذه الاعتبارات ، إلى ثلاثة تصانيف : الأوّل وتدعى قطعه بالقطع منخفضة التحمليّة : وهي القادرة على البقاء صالحة للإستثمار ، ضمن هذه الظروف ، فترة ما بين (١٠ ـ 5) سنوات ، والثاني وتدعى قطعه بالقطع متوسّطة التحمليّة ، وهي القادرة على البقاء صالحة للإستثمار فترة تتراوح ما بين (15 ـ ١٠) سنة . والثالث ، وتدعى قطعه بالقطع عالية التحمليّة ، وهي القادرة على البقاء صالحة للإستثمار ، ضمن هذه الظروف ، فترة تتراوح ما بين (25 ـ 15) سنة .

درجة النفوذية :

تتدرج القطع الخشبيّة ، تحت اعتبارات درجة النفوذيّة ، ضمن التصانيف الأربعة التالية :

P : تتدرج تحت هذا التصنيف ، مجموعة القطع الخشبيّة ذات النفوذيّة العالية ، حيث يمكن لمواد الحماية ، الواقعة تحت ضغط محدّد ، النفوذ والتغلغل إلى كامل أجزاء ومكوّنات القطعة الخشبيّة . كما يمكن لهذه القطع ، السماح بنفوذ كمية كبيرة من مادّة الحماية ، وإن كانت المعالجة تتم بأسلوب التشرُّب الطبيعي ، المعتمد على غمس القطع في خزانات المعالجة المكشوفة .

MR : وتتدرج تحت هذا التصنيف ، مجموعة القطع الخشبيّة ، المتّصفة بمقاومتها البسيطة للتشرُّب . تتّصف هذه القطع ، بقدرتها على إيصال مادّة الحماية إلى مسافة تبعد عن جوانب القطعة الخشبيّة ، ما مقداره يتراوح ما بين (9 ـ 6) ملم ، خلال فترة من المعالجة القسريّة ، تتراوح ما بين (3 ـ 2) ساعات . ونعني بالمعالجة القسريّة ، المعالجة التي تقع فيها مادّة الحماية تحت ضغط محدّد .

R : وتتدرج تحت هذا التصنيف ، مجموعة القطع الخشبية المقاومة للتشرُّب ، حيث يصعب على مادّة الحماية ، الواقعة تحت الضغط ، التغلغل ضمن النسيج الخشبي ، إلى مسافة تزيد عن المسافة المتراوحة ما بين (6 ـ 3) ملم ، وإن طالت فترة المعالجة .

ER : وتتدرج تحت هذا التصنيف ، مجموعة القطع الخشبيّة الكتيمة والتي لا تسمح إلاّ لتغلغل كميّة ضئيلة من مادّة الحماية ، مهما اتخذ من إجراءات مساعدة ، كإخضاع مادّة الحماية لضغط معينّ ، أو إطالة فترة المعالجة . إنّ النفوذية الجانبيّة للقطع الخشبيّة هذه ، هي من الضآلة إلى درجة يمكن معها إهمال كميّة ما ينفذ من مادّة الحماية ، بينما تعتبر النفوذية الواقعة على طول القطعة ، هي نفوذية بسيطة نسبياً ، إلاّ أنّها ذات شأن ، ويمكن الركون إليها في بعض الحالات .

اللوحة (3 ـ 2) : توضّح اللوحة ، مدى نفوذيّة عدد من القطع الخشبيّة ، ودرجة قدرتها على تسرُّب المادّة الحافظة .

بيان بأسماء القطع	قابليّة تحمُّل القلب القاسي	نفوذيّة القطعة لمادّة الحماية: القلب القاسي	نفوذيّة القطعة لمادّة الحماية: النسغ اللين
مجموعة الأخشاب الليِّنة			
أخشاب التنوب	معتدل	ER	MR
خشب اللاركس	معتدل	R	MR
الخشب الأحمر الأوروبي/الصنوبر الاسكتلندي	منخفض	MR	P
الخشب الأبيض الأوروبي/ خشب البيسيه	منخفض	R	MR
خشب البيسيه الكندي	منخفض	R	MR
البيسيه الأمريكي	منخفض	R	MR
صنوبر جبال البيرنيه	منخفض	MR	P
الشوكران	مرتفع	R	P
خشب الأرز الأحمر	منخفض	R	MR
	مرتفع	R	MR
مجموعة الأخشاب القاسية			
أبورا	منخفض	MR	P
الليمبا	منخفض	MR	P
الخشب الماهوغاني الإفريقي المنشأ	معتدل	ER	MR
خشب الجوز الإفريقي المنشأ	منخفض	ER	MR
أفرورموزيا	مرتفع	ER	MR
أكيا	مرتفع	ER	MR
خشب الزان	مرتفع	R	P
غواريا	منخفض	P	P
خشب القلب الأخضر	مرتفع	ER	P
الأديكبو	مرتفع	ER	MR
ايريكو	مرتفع	ER	MR
جارا	مرتفع	ER	P
كاري	مرتفع	ER	P
كرينغ /كرجن	مرتفع	ER	P
خشب السنديان	معتدل	R-MR	MR
أوبيب	مرتفع	ER	P
الرانقي الأحمر	مرتفع	MR	P
سابيل	مرتفع	R-ER	P-MR
يتابل	معتدل	R	MR
	مرتفع	ER	MR

ملاحظة : إنّ كافّة القطع المأخوذة من خشب النسغ ، هي قطع عديمة التحملية ، إذ يصعب عليها مقاومة الظروف المساعدة بطبيعتها ، على إفساد وإتلاف المواد والقطع الخشبيّة .

مادّة الحماية	أسلوب المعالجة	العمود 1	العمود 2	العمود 3	ملاحظات
TO1	P	•	•	•	4
	HC	•	•		4
	S		•		2, 4
	D		•		2, 4
TO2	P				
	HC		•		4
	S		•		2, 4
	D		•		2, 4
OS1	P				
	HC				
	S		•		3, 5
	D		•		3, 5, 6
OS2	P				
	HC	•	•		1, 3
	S		•		3, 5
	D		•		3, 5, 6
OS3	P	•	•		3
	HC	•	•		1, 3
	S		•		3, 5
	D		•		3, 5, 6
WB1	P	• (8·0)	• (6·4)	• (6·4)	
	HC	•	•		
	S		•		
	D		•		
WB2	P	• (5·3)	• (4·0)	• (4·0)	
	HC	•	•		
	S		•		
	D		•		
WB3	P		• (4·0)	• (4·0)	
	HC		•		
	S		•		
	D		•		
WB4	P				
	DIF		•	• (5·3)	7
	HC				
	S				
	D				

الكمّية الأصغريّة من الأملاح ، المفترض احتباسها ضمن القطع ، نراها موضّحة ضمن أقواس وهي مقدّرة بـ (Kg/m³) . ونرى في هذه اللوحة ، أساليب المعالجة الكفيلة بالقضاء على كافة احتمالات اهتراء وتلف القطع الخشبية ، وعلى أساليب تضمن حماية القطع من هجوم الحشرات الفاتكة بها .

استخدامها دون طلاء في الواجهات الخارجية ، فلابدّ أيضاً من معايرة درجة مقاومتها لعوامل الإزالة ، بمعنى معرفة ما هيّة تعرّضها للمياه . تعتمد ظاهرتي النفوذية والإحتباس ، على طبيعة ونوعية المنتج ، على طبيعة ونوعيّة السائل المذيب ، على طبيعة ونوعية العنصر الأساسي الداخل في تكوين المزيج المستخدم ، على مقدار رطوبة القطعة المراد معالجتها ، وعلى النفوذيّة التي تتحلى بها بشكل طبيعي ، القطعة المراد وقايتها ، وأخيراً على الأسلوب المتّبع ، في تنفيذ إجراءات معالجة القطعة الخشبية الخام ، أنظر اللوحة (٣ ـ ح) .

اللوحة (4 ـ 2) : لقد أدرجت في اللوحة ، عدداً من المواد الحافظة ، وعدداً من أساليب المعالجة ، الصالحة لرفع مقاومة مختلف القطع الخشبيّة ، للحشرات الغازية ولعوامل التفسُّخ . رتِّبت الأساليب والمواد ترتيباً متدرِّجاً ، حسب المادّة والأسلوب ، الأصلح فالأصلح .

ملاحظة : يمكن أن تستخدم الأملاح هذه ، على شكل أملاح مذابة ، في وعاء ماء ، حيث تنقع الأخشاب الغضّة بها ، أو تصب الأملاح المذابة هذه ، على القطع الخشبيّة ، كأسلوب فعّال آخر من أساليب المعالجة . تتّصف الأملاح هذه بقابليّة ترسّبها .

الإصطلاحات المستخدمة في اللوحة (4 ـ 2) :

مواد الحماية :

تندرج تحت الترويسة هذه ، مجموعة من الإصطلاحات المعبِّرة عن مادّة الحماية المستخدمة :

- مجموعة المواد المندرجة تحت التصنيف (TO) :

ونعني بها أنواعاً من زيوت القار :

TO1 : الكريوزوت .

TO2 : نوع آخر من القار الفحمي .

- مجموعة المواد المندرجة تحت التصنيف (OS) :

ونعني بها المذيبات العضوية .

OS1 : ونعني بها كلور النفتالين .

OS2 : النفثينات المعدنية .

OS3 : ونعني بها الكلوروفينول الخماسي .

- مجموعة المواد المندرجة تحت التصنيف (WB) :

وهي المواد المقاومة للمياه :

WB1 : ونعني بها النحاس أو الكروم .

WB2 : ونعني بها النحاس أو الكروم ، والزرنيخات .

WB3 : ونعني بها مركّبات الفلور ، الزرنيخات ، ومركّبات الكروم .

WB4 : ونعني بها مجموعة من الأملاح الأحادية الأخرى ، كبورات الصوديوم المائية ، حامض البوريك ، فلوريد الصوديوم ، والفينيل فينوكسيد .

أساليب المعالجة :

تندرج تحت الترويسة هذه ، مجموعة من الإصطلاحات الممثّلة لأساليب المعالجة المتّبعة في حماية القطع الخشبيّة ، وهي مرتّبة بحسب درجة فعّاليتها :

P : ونقصد به أسلوب التشريب القسري .

DIF : ونقصد به أسلوب المعالجة المعتمد على صبِّ مادّة الحماية الممزوجة بأملاح حامض البوريك .

HC : ونقصد به أسلوب المعالجة المعتمد على غمر القطع ضمن حوض مكشوف ، حاو على مواد حماية باردة أو مسخّنة .

S : ونقصد به أسلوب المعالجة المعتمد على نقع القطع الخشبيّة إلى حدِّ التشبُّع .

D : ونقصد به أسلوب المعالجة المعتمد على طلي القطع الخشبيّة بمادّة الحماية .

استخدام القطع والأخطار المتوقّع لتلك القطع التعرّض لها والمرموز لها في الأعمدة (3 ـ ٦)

يتخذ لانجاح عمليّات المعالجة ، إجراءات خاصّة ، وذلك لتفادي الأخطار المحتملة . رمز لهذه الإجراءات بأرقام متسلسلة ، فكان الإجراء الأوّل فالإجراء الثاني وهكذا . . . .

تحوي الإجراءات هذه مايلي

الإجراء الأوّل : ويتّخذ بحقّ القطع الخشبيّة المراد استخدامها داخل وخارج المبنى ، والملامسة للأرض الطبيعيّة أو الملامسة للعناصر التأسيسيّة . كما يتّخذ بحقّ القطع الخشبيّة المراد استخدامها داخل المبنى ، والمعرّضة لأجواء تتّصف بدواميّة ارتفاع نسب رطوبتها ، كحوانيت الصباغة ، كحوانيت تصنيع الجعة ، غرف الغسيل ، المدابغ ، وبحيرات السباحة .

الإجراء الثاني : وهي إجراءات تتّخذ بحقّ القطع الخشبيّة ، التي لا يراد استخدامها في المجالات المحتواة في الإجراء الأوّل ، ولتلك المراد استخدامها في سطوح المبنى ، والتي لا يراد طلاؤها بعد معالجتها ، كتلك المستخدمة في تكوين الأطر الإنشائيّة الخارجيّة ، وفي تكوين عناصر إكساء سطوح المبنى الخارجيّة .

الإجراء الثالث : وهو أسلوب يستخدم للوصول إلى حماية القطع الخشبيّة المراد استخدامها لأغراض خاصّة ، والمعرّضة لهجوم عدد هائل من الخنافس المنزليّة .

ملاحظات :

استبدلت نصوص الملاحظات بأرقام ، يرمز لكل رقم منها إلى ما يلي :

١ ـ وهو يدل على نص ملاحظة ، تخصّصت بها المواد المصطلح عليها بالرمز (OS) ، حيث تضاف المواد المذيبة ، ممّا يجعل درجة غليان المحلول منخفضة ، لذا لا يمكن استخدام المواد هذه ، في المعالجات التي تتم على البارد والساخن ، وضمن وعاء مكشوف ، كما هو الحال في المواد المستخدمة في معالجة عناصر الإنشاء لرفع مقاومتها .

2 ـ يعني الرقم الملاحظة التالية ، وهي أنّ المواد المطبّق عليها أسلوب المعالجة هذه ، نحتاج إلى تسخينها قبل الاستعمال .

3 ـ إن كان من المفضّل طلي القطع الخشبيّة بالمادّة هذه ، فمن الضروري استخدام المذيب المناسب .

٤ ـ في بعض الحالات ، تكون الروائح المنتشرة عن مادّة الطلاء ، من الروائح الكريهة . يساعد على تركيز تلك الروائح ، تلاصق العناصر المراد طلاؤها . تختص بعض العناصر ، بسطوح يصعب وصول أداة الطلي إليها .

5 ـ ينبغي نقع قطع الخشب الأحمر الأوروبي ، وهي القطع المأخوذة من الأشجار الصنوبرية المنتشرة في اسكوتلندا ، في محلول المعالجة ، فترة لا تقل عن ساعة ، إن أريد منها استصناع ألواح مقاومة للعوامل الجوية . كما ينبغي غمسها في محلول الحماية ، فترة لا تقل عن دقيقة ، ولا تزيد عن ثلاث دقائق ، إن أريد منها استصناع قطع يراد استخدامها في إنشاء تجهيزات وعناصر خارجيّة .

- **أساليب تنفيذ إجراءات الوقاية :**

- **11.10** : تقتطع الأخشاب من أشجارها ، وتترك إلى أن تجف قليلاً ، ثم تنقع في محلول حامض البوريك ، وتكدّس فوق بعضها البعض ، لمدّة تزيد عن ستة أسابيع . يمكننا التوصُّل إلى تشرُّب كامل ، إن كانت القطعة الخشبية المنقوعة ، بطبيعتها قطعة نفوذة ، وبذلك نتفادى فيها بعد ، معالجة الشرائح المتقطعة بشكل عرضي . وبما أن المادّة الواقية ، تحتجز مذابة في الماء ، ضمن بنية القطعة الخشبية ، فمن غير الملائم تعريض تلك القطع ، لظروف تجعلها عرضة لعوامل الإزالة ، فتجرّد القطعة من موادها الواقية ، وهذا ما نلاحظه ، إن تركت القطعة على تماس مع تربة الموقع .

- **11.11** : هناك طريقة أخرى للمعالجة تدعى طريقة التشريب القسري ، وفيها يتم وضع القطع الخشبيّة في وعاء محكم الإغلاق ، وإمرار المواد الواقية عليها ، وهي واقعة تحت ضغط معيّن . تصل المواد الواقية بفضل هذه الطريقة ، إلى كامل أرجاء بنية القطعة الخشبية ، فقط إن كانت تلك القطعة ، قطعة نفوذة بطبيعتها . في القطع الخشبية التي تتصف **بنفوذيّة أقل** ، كالأخشاب المقتطعة من أشجار التنوب مثلاً ، **يستحسن** إحداث ثقوب بها ، تبتعد عن بعضها مسافات متساوية ، وتمتد نعمق يتراوح ما بين (١٢ لـ ٢٠) ملم ، وذلك **قبل** تطبيق إجراءات المعالجة ، لضمان الحصول على نتائج **أفضل** .

- **11.12** : تغمر القطع الخشبية **أيضاً** ، إن أريد حمايتها ، ضمن أحواض مملوءة بمواد واقية ، مذابة في ماء ساخن ، يترك ليبرد خلال فترة المعالجة . تصل المواد الواقية ، بفضل هذه الطريقة ، إلى معظم أرجاء بنية القطعة الخشبية ، **فقط إذا** امتدّ زمن المعالجة لفترة كافية . **إن غمر القطع الخشبية ، في** سائل النقع البارد ، فترة تزيد عن اسبوعين ، **كافياً لإيصال** محلول الحماية ، إلى عمق يبعد عن السطح الخارجي للقطعة الخشبية ، مسافة لا تقل عن (2.5 m.m) ، إن كانت القطعة المراد معالجتها ، قطعة نفوذة ، وإلى مسافة ضحلة ، لا تزيد عن (2 m.m) ، إن كانت القطعة كتيمة . تغطّى القطع النفوذة، المغمورة في محلول واق ، لمدّة تتراوح ما بين (٥ لـ ١٥) دقيقة أو أقل ؛

بطبقة حماية ، قادرة على حماية القطعة ، إن وظِّفت تلبية لعدد من الأغراض الإنشائيّة ، إلّا أننا لا ننصح باستخدام هذه الطريقة ، خصوصاً إن اتيحت الأساليب الأكثر كفاءة .

- 11.13 : تستخدم طريقة الطلي بالفرشاة أو الرذاذ ، لإظهار حبيبات القطعة الخشبية ، خصوصاً إن أريد نشر القطعة المحميّة على أرض الموقع . وبشكل عام ، تستخدم هذه الطريقة ، لإعادة مادّة الحماية لأجزاء من القطعة ، كانت قد اتلفت بسبب إمرار القطعة ، على مجموعة من آلات النجارة ، كآلة التشليم وآلة التثقيب . تنجز أعمال الحماية بالطريقة هذه ، داخل فراغ الورشة .

- كلفة المعالجة :

- 11.14 : تتنوّع كلف معالجة القطع الخشبيّة ، بتنوُّع أساليب التنفيذ ، بحسب نوعيّة المادّة المستخدمة لوقاية القطعة الخشبية ، بمدى قدرة القطعة على احتباس المادّة الواقية ، وغيرها من العوامل الأخرى . هذا ، وتلعب نوعيّة القطعة ، ودرجة متانتها الطبيعيّة ، دوراً في تحديد وتقييم الكلفة الإجمالية ، فمنشآت الخشب اللينّ ، تزيد كلفتها عن بقية الأخشاب ، إن تماثلت العوامل الأخرى ، ما تتراوح نسبته ما بين (٦ لـ ١٢) بالمئة . إن ارتفعت كلفة معالجة القطع الخشبية ، بسبب اختيار المادة الأجود ، والأسلوب الأكثر فعالية ، فإن ذلك يمكن أن يكون أكثر اقتصادية ، إن كان هذا الاختيار ، سيبعد عن المنشأة ، ضرورات الصيانة على فترات منتظمة .

*** معالجة الشرائح المصنّعة من مواد خشبية :**

- الألواح الرقائقيّة وألواح الألياف الخشبية :

- 11.15 : ينصح بعدم استخدام المواد هذه لأغراض الكسوة الخارجية ، ولا لأغراض الكسوة الداخلية ، إن كانت سطوحها معرّضة لرطوبة عالية ، تستمر لفترة زمنية طويلة . لا تعالج الألواح المعيارية بعد تصنيعها ، بإسلوب المعالجة الفعّالة ، بل تضاف إليها المواد العاملة على إبادة الفطريّات ، أثناء عمليّة التصنيع .

- ألواح اللّاتيه :

- 11.16 : تعالج ألواح اللّاتيه بذات المواد وبنفس الأسلوب التي يتم بها معالجة القطع الخشبيّة الصلدة ، والتي تم توضيحها في فقرة سابقة . في حال استخدام

أساليب التشرُّب ، كأسلوب التشرُّب القسري أو الفعال ، ؟ ينبغي التأكد فيما إذا كانت القشرة الخشبيّة المغطِّية لألواح اللاّتيه ، قد نالتها مادّة الحماية ، إذ أن هذه القشرة ، أكثر الأجزاء عرضة لمهاجمة الفطور ، الحشرات ، والديدان البحرية القارضة . يستحسن معالجة القشرة المغطِّية لألواح اللاّتيه ، قبل جمعها إلى لوح اللاّتيه ، أو معالجة ألواح اللاّتيه بكامل أجزائها ، بعد استكمال عمليّة التصنيع .

● المعالجة المثبِّطة لإنتشار الحريق :

* أنظمة التنفيذ :

- 12.01 : تصنِّف أنظمة التنفيذ ، مجموعة القطع الخشبية ، التي لا تقل كثافتها عن (400 Kg/m³) ، وهي مجموعة تحوي معظم أنواع الخشب المستخدم لأغراض إنشائيّة ؛ ضمن مجموعة يطلق عليها ، مجموعة من الدرجة الثالثة ، من حيث السماح للحريق بالانتشار على حسابها . على أي حال ، تتشدد بعض الأنظمة ، مطالبة بمجاميع خشبية ، تندرج ضمن تصنيف من الدرجة الأولى ومن الدرجة (0) ، إن أريد استخدام القطع الخشبية ، في تنفيذ عناصر المنشأة الداخلية .

* أساليب استغلال التصانيف وطرق الإنتقال فيما بينها :

- 12.02 : تحاول أساليب المعالجة ، إيصال القطع الخشبية ، إلى ما تتحلى بها القطع المصنفة كدرجة أولى ، أو كدرجة (0) . يمكننا تصنيف أساليب المعالجة ، ضمن نماذج ثلاثة :

١ ـ النموذج الأول ، وتتم فيه غطس القطعة المطلوبة ، في محلول حاو لمواد مثبِّطة لإنتشار الحرائق ، مؤلَّف من مجموعة من الأملاح .

٢ ـ النموذج الثاني وتتم فيه طلي سطوح القطعة بدهان خاص ، بفرنيش ، بمعجون ، أو بطبقة زريقة ذات نوعية خاصة .

٣ ـ النموذج الثالث وتتم فيه إحاطة وجوه القطعة بمواد غير قابلة للإحتراق ، كاللّباد الاسبستوسي ، أو بشرائح معدنية رقيقة .

ـ التشرُّب :

- 12.03 : تستخدم طريقة التشريب في معالجة القطع الخشبية الصلدة ، وألواح اللاّتيه المحاطة ، بينما يضاف المزيج الملحي المثبِّط لانتشار الحريق ، أثناء تصنيع

الألواح الرقائقية. إن المركبات الكيميائية المستخدمة في عملية المعالجة، هي مركبات الأمونيوم وحامض البوريك. إلا أن بعض الخبراء، يفضّلون استخدام خلائط متنوِّعة من الأملاح، بغية تأمين حماية للقطعة من انتشار الحريق فيها أولاً، ومن التلف والإهتراء ثانياً.

- **12.04** : إن استخدام طريقة التشريب القسرية، تحتاج إلى قطع خشبية، قدرتها على احتباس المواد المثبِّطة لانتشار الحريق كبيرة، لذا تلعب هنا نفوذية القطع الخشبيّة، دوراً هاماً في تقييم نجاح طريقة المعالجة هذه، أنظر اللوحة (٥ - ٢). إن الأملاح المثبِّطة لانتشار الحرائق، أملاحاً يسهل انتزاعها من القطع الخشبيّة، لذا لا يمكن الإطمئنان إليها، إن استخدمت في معالجة قطع تدخل في بنية عناصر خارجية، معرّضة لظروف الطقس المتغيرة، كما لا يمكن الإطمئنان إليها، إن استخدمت في معالجة قطع، تدخل في تشكيلة عناصر يراد استخدامها داخلياً، ضمن أجواء عالية الرطوبة.

- **12.05** : إنّ الأملاح المثبِّطة لانتشار الحريق، تعمل على تقليص قدرة استجابة القطعة الخشبية، للإرتفاع الحروري، مما يعيق تقدُّم وانتشار الحريق. من

اللوحة (5 - 2) : توضِّح اللوحة، ملخصاً للأساليب المتبعة، في حفظ ومعالجة أخشاب الآتيه.

مادّة الحماية	أسلوب المعالجة	العمود 1	العمود 2	العمود 3	العمود 4	ملاحظات
TO1	P	• (96)		• (96)	• (96)	1
TO2	10D	•		•	•	1, 4
	3SC	•		•	•	1, 4
OS1	10D	•		•		2, 3, 4
	3D				•	2, 3, 4
	3SC	•		•		2, 3, 4
	2SC				•	2, 3, 4
OS2	10D	•		•		2, 3, 4
	3D				•	2, 3
	3SC	•		•		2, 3, 4
	2SC				•	2 3 4
OS3	10D	•		•		2, 3, 4
	3D				•	2, 3, 4
	3SC	•		•		2, 3, 4
	2SC				•	2, 4
WB1	P	• (10)	• (16)	• (10)	• (10)	
	DIF	• (10)	• (16)	• (10)	• (10)	
WB2	P	• (6)	• (16)	• (6)	• (6)	
	DIF	• (6)	• (16)	• (6)	• (6)	
WB3	P	• (6)		• (6)	• (6)	
	DIF	• (6)		• (6)	• (6)	
WB5	P	• (8)		• (8)	• (8)	
	DIF	• (8)		• (8)	• (8)	

الكميّة الأصغريّة من الأملاح، المفترض احتباسها ضمن القطع، نراها موضّحة ضمن أقواس، وهي مقدّرة بـ (Kg/m^3).

نرى في هذه اللوحة، الأساليب المتبعة، الكفيلة بالقضاء على كافّة احتمالات اهتراء وتلف القطع الخشبيّة، كما تتضمّن اللوحة، أساليب حماية القطع من هجوم الحشرات بأنواعها.

الإصطلاحات المستخدمة في اللوحة (5 ـ 2) :

ـ مجموعة المواد المصطلح عليها بالرمز (TO) : وهي مواد حماية مكوّنة أساساً من الزيوت القطرانية :

TO1 : ونعني بها الكريوزوت .

TO2 : ونقصد به أنواع أخرى من الزيوت القطرانية ، تحمىْ بها القطع الخشبيّة .

ـ مجموعة المواد المصطلح عليها بالرمز (OS) :

وهي مواد حماية مكوّنة أساساً من أنواع من المذيبات العضوية .

OS1 : ونقصد به مادّة الكلورونفثالين ، وهي مادة عضوية ، تحوي على الكلوريد بما نسبته لا تقل عن (٤٦٪) .

OS2 : ونقصد به نفثين النحاس .

OS3 : ونقصد به الكلوروفينول الخماسي ، والكلوروفينول الخماسي الممزوج بنفثينات معدنيّة .

OS4 : ونقصد به مجموعة المواد العضوية المشتقّة من الكلوروفينول الخماسي .

ملاحظة : عندما لا تستخدم أساليب المعالجة القسرية ، وحين تترك مواد الحماية على حالها ، دون تعريضها لضغوط معيّنة ، وفي حال كانت احتمالات غزو الحشرات للقطع الخشبيّة ، احتمالات قائمة ، كان لا بدّ من تعزيز مواد الحماية المستخدمة هذه ، بإحدى المبيدات الحشرية ، على أن تكون نسبة أوزانها في المزيج لا تتعدّى (٪٥.5) من وزن المزيج الكلي .

ـ مجموعة المواد المصطلح عليها بالرمز (WB) :

ونعني بها مجموعة مواد الحماية المعلّقة جزيئاتها ضمن الماء .

WB1 : ونعني به مادتي النحاس والكروم .

WB2 : ونعني به النحاس ، الكروم ، الزرنيخات .

WB3 : ونعني به الفلوريد ، الزرنيخات ، الكرومات ، الدينتروفينول .

WB5 : البوراكس ، حامض البوريك ، أو المزيج المؤلّف من كليهما .

أساليب المعالجة :

P : وهو مصطلح نقصد به أسلوب التشريب القسري المطبّق على أخشاب اللاّتيه .

10D : وهو مصطلح نقصد به أسلوب غمر ألواح اللاّتيه في محلول الحماية ، لمدّة عشر دقائق .

3D : وهو مصطلح نقصد به أسلوب غمر ألواح اللاّتيه في محلول الحماية مدّة ثلاثة دقائق .

3SC : وهو مصطلح نقصد به الأسلوب المتّبع بغية طلاء ثلاثة سطوح من سطوح العناصر المصنّعةمن ألواح اللاّتيه .

2SC : وهو مصطلح نقصد به الأسلوب المتّبع بغية طلاء سطحين من سطوح العناصر المصنّعة من ألواح اللاّتيه .

DIF : وهو مصطلح نقصد به الأسلوب المتّبع لحماية سطوح الخشب ، بعناصر تزيينيّة .

محتوى الرطوبة :

ينبغي أن تتراوح نسب محتويات القطع الخشبيّة من الرطوبة ، ما بين الحدود التالية :

١ ـ بالنسبة للقطع التي يتم حمايتها بالمواد المدرجة تحت المصطلح (TO) ، ينبغي أن تتراوح نسب محتوياتها من الرطوبة ما بين (٪١٤ ـ ٪6) ، سواء قبل أو بعد المعالجة . وفي حال استخدام هذه القطع لأغراض خارجيّة ، مكشوفة من غير طلاء ، لا بأس أن تصل نسبة محتوياتها من الرطوبة ، إلى ما يساوي (٪25) سواء أكان ذلك قبل أو بعد المعالجة .

2 ـ بالنسبة للقطع التي يتم حمايتها بالمواد المدرجة تحت المصطلح (OS) ، ينبغي أن تتراوح نسب محتوياتها من الرطوبة ما بين (٪١٤ ـ ٪٦) ، وقد تصل إلى (٪25) ، إن أريد استخدام تلك القطع لأغراض خارجيّة ، ومن دون طلاء ، سواء أكان ذلك قبل أو بعد المعالجة .

3 ـ بالنسبة للقطع التي يتم حمايتها بالمواد المدرجة تحت المصطلح (WB) ، ينبغي أن تصل نسب محتوياتها من الرطوبة حوالي (٪25) ، على أن تتراوح نسب محتوياتها من الرطوبة بعد المعالجة ما بين (٪١٤ ـ ٦) ، إن كان يراد استخدامها لأغراض داخلية ، أو إن جرىٰ طليها قبل استخدامها لأغراض خارجيّة .

مجالات استخدام القطع والأخطار المتوقّع لتلك القطع التعرض لها والمرموز لها في الأعمدة من (٩ ـ ٦) :

١ ـ تستخدم ألواح اللاّتيه في هذه الحالة لأغراض خارجيّة ، كإنشاء عناصر السطح الخارجيّة ، تصنيع ألواح تكسية الجدران ، وإنشاء القالب البيتوني الخ . . .

2 ـ تستخدم ألواح اللاّتيه في هذه الحالة لإنشاء أبراج التبريد ، وللعناصر المتواجدة في أماكن تكون فيها عرضة للتعفّن والتلف .

3 ـ تستخدم ألواح اللاّتيه في هذه الحالة لأغراض داخلية ، وبذا تكون فرص تعرُّض القطع هذه للأخطار عالية . تستخدم ألواح اللاّتيه هنا في تبطين أسطح المصانع ، وفي تبطين أسطح الفراغات المتوقّع ارتفاع رطوبة أجوائها ، كما في حجرات الدباغة .

٤ ـ استخدمت ألواح اللاّتيه في هذه الحالة لأغراض داخليّة ، لذا كان لا بدّ من اتّخاذ إجراءات من شأنها حماية الألواح من التعفّن ، ومن هجوم الحشرات بأنواعها . تستخدم ألواح اللاّتيه في إنشاء البانوهات الجداريّة ، بطانة الأسقف ، وبطانة أسقف وجدران الأبنية المخصّصة لأغراض زراعية . كما تستخدم ألواح اللاّتيه على تماس مع الزريقة الرطبة ، في تشكيل بنية الخزن الجداريّة ، وفي تصنيع أبواب الكبس .

ملاحظات :

استخدمت أرقاماً للدلالة على نصوص الملاحظات بغية التسهيل . يدلُّ كلُّ رقم من الأرقام ، على ملاحظة من الملاحظات ، وذلك وفق الترتيب التالي :

١ ـ إنّ مجموعة الحماية المصنّفة تحت الترويسة (TO) ، هي من تلك المواد ذات الرائحة النفّاذة . لذا لا يجوز استخدامها في معالجة قطع خشبية يراد وضعها قريباً من المواد الغذائية ، علاوة على أنّ أخشاب اللاّتيه المعالجة بتلك المواد ، يصعب طلي سطوحها .

2 ـ إنّ مجموعة مواد الحماية المصنّفة تحت الترويسة (OS) ، هي أيضاً من تلك المواد ذات الرائحة المميّزة ، إلاّ أنّ مردّ الرائحة في المادّتين المصطلح عليهما بـ (OS2) و (OS3) ، هو المذيب المستخدم . لذا غالباً ما تتلاشى الرائحة ، بعد فترة لا تتجاوز بضعة أيام . أمّا رائحة المادّة المرموز لها بالرمز (OS1) ، فهي رائحة أصيلة ، لذا تدوم طويلاً .

3 ـ عند معالجة القطع بمجموعة المواد المدرجة تحت التصنيف المرموز له بالرمز (OS) ، لا بدّ من البحث عن مادّة الطلاء المناسبة ، ليتم بها طلاء القطع الخشبيّة ، التي تمّ معالجتها بالمواد هذه .

سلبيّات الأملاح المثبّطة ، أنها تقلل من مقاومة القطع للحمولات المطبقة ، لذا تستخدم طريقة التشرُّب ، لمعالجة عناصر معرضة لإجهادات بسيطة ، كالعناصر المستخدمة في إكساء الجدران الداخلية ، أو لمعالجة الألواح والشرائح الخشبية ، المستخدمة في الإكساءات الداخلية .

*** معالجة السطوح :**

- **12.06** : تطلى السطوح بمركّبات السليكيوم أو الفرنيش ، وهي مواد تتألف عادة من الزجاج المائي ، وحشوات تحوي مسحوق الطبشور ، الأسبستوس ، أو الرمل الكوارتزي . إنّ المواد هذه ، معرضة للإنتفاخ ، بمعنى أنها تتضخم ويزيد حجمها ، فور تعرّضها لحرارة عالية ، مما يؤلّف طبقة حماية ، تعزل المادة الخشبية ، وتحول دون تأثُّرها بالنيران المشتعلة . إن مقاومة المواد هذه للمياه ضعيفة ، مما يجعل استخدامها محظوراً في معالجة عناصر يراد استخدامها ، لأغراض إنشائية خارجية .

- **12.07** : تتحلّل معظم السليكات المتضخّمة وبالتدريج ، متحوِّلة إلى بللورات هشّة من كربونات الصوديوم ، تنتشر على سطوح القطعة الخشبية ، لذا كان الفرنيش ، هو الضمان لإبقاء السطح نقياً ، بعد تعرّضه ولمدة طويلة ، لتأثيرات الطقس المتغيِّرة

*** المعاجين ذات التراكيب الخاصّة :**

- **12.08** : تحوي المعاجين هذه ، على مواد ماصّة للحرارة ، ككربونات المغنسيوم ومركّبات الدولوميت ، التي غالباً ما تمزج مع الذوب الزجاجي «الزجاج المائي» . تستخدم أيضاً زريقة مؤلفة من الجص الكلسي ، تطلى بها سطوح العناصر الخشبية ، فتحميها من انتشار الحرائق . تزوّد التركيبة هذه ، بشبكة من الأسلاك المعدنية ، تشد بإحكام إلى القطعة الخشبية ، وبذلك تمنع تفسُّخ الزريقة ، عند ارتفاع درجة الحرارة .

*** العناصر المحاطة بسطوح غير قابلة للإحتراق :**

- 12.09 : تلبّس عدداً من المواد الشرائحية ، المكوّنة أساساً من مادة خشبية ، كألواح اللاّتيه ، الألواح الرقائقيّة ، وألواح الألواح الخشبية ، بحشوات من الأسبستوس ، سماكتها حوالي (0.8 m.m) ، أو برقاقات من الألياف الزجاجيّة ، المطليّة من الأسبستوس ؛ برقاقة معدنيّة ، أو بأيٍّ غطاء آخر ، يختاره المصمِّم ، بعد تعريضه للتجربة المخبريّة ، وورود شهادة خطيّة ، بصلاحيته كعنصر مقاومته للحرارة عالية ، ويمكن إدراجه ضمن مجموعة المواد المصنّفة في الدرجة الأولى ، والدرجة (0) ، من حيث مقاومتها لإنتشار الحرائق .

*** القطع الخشبيّة ذات السطوح العارية :**

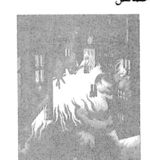
- 12.10 : من مجموعة منتجات البانوهات المصنّعة من مادة الخشب كمادة أساسية ، فقط بلاطات الصوف الخشبي ، التي يمكن تصنيفها تحت مجموعة المواد المصنفة في الدرجة (0) ، من حيث مقاومتها لإنتشار الحرائق . على أيٍّ حال ، أصبحنا نرى اليوم ، العديد من المنتجات المعترف بها دولياً ، من حيث كفاءتها وقدرتها على مقاومة النيران ، متواجدة في مراكز البيع ، المنتشرة في مدن وأقاليم الدول الأوروبية ، وهي قطع عولجت إما بطريقة التشرُّب ، أو بطريقة معالجة السطوح ، للوصول بها إلى التصنيف (0) ، سواء أكانت قطع خشبية صلدة ، أو بانوهات صنِّعت من مادّة الخشب كمادّة أساسية .

الفصل الثالث

الأخطار الناجمة عن الحريق ووسائل الحماية منها .

● المقدّمة :

تتناول الدراسة هذه ، آخر أبحاث الأمان الإنشائي ، حيث نبحث فيها ونناقش ، تأثيرات اللّهب والحرارة العالية ، على المواد الإنشائيّة . سندرس في الفصل هذا ، قواعد الحماية العامّة ، كما سنبيّن ومن خلال لوحات أربع متتالية ، الظروف المواتية لضمان حماية العناصر الإنشائية ، المشادة من البيتون ، الحديد ، الخشب ، والحجر ، ولمدد زمنية تحدّد ، وفقاً لخصائص العناصر المستخدمة ، وما تتحلّى بها من وسائل حماية . إنّ ما سنعرضه هنا ، هو أحدث ما أتيح لنا من وسائل معروفة ، الغاية منها حماية عناصر المنشآت ، بمختلف موادها . إنّ الدراسة هذه ، هي دراسة تبغي إظهار الخطوط العامّة لمشكلة النيران وانتشارها ، وتبيّن الوسائل المعينة على تفادي أخطارها ، وتوضّح طرق حماية العناصر الإنشائية ، منعاً لانتشارها .



● المظاهر العامّة للمشكلة :

- 1.01 : تصنِّف التشريعــات العمــرانيــة ، استخدامات الأبنية ، وفقاً لأخطار الحريق ، كما أنّها تعرِّف، وتحدِّد شروط مقاومة العناصر الإنشائية للنيران ، ومقاومة مواد الإكساء لإنتشار اللهب . إنّ الشروط هذه تتعلق بالغاية المرجوّة ، وبأبعاد ودرجة انفصال الأبنية أو أجزاء الأبنية عن بعضها البعض . إنّ الهدف الأساسي والنهائي من الإجراءات المتخذة ، هو حماية أرواح وممتلكات الأشخاص من الضياع .

- 1.02 : تنتشر النيران نتيجة ظاهرتي الإشعاع والإنتقال الحراري ، المتولِّدتين عن حيِّز مشتعل ، حيث تقوم الغازات الحارّة ، برفع درجة حرارة مواد أخرى قابلة للإشتعال ، فتشتعل بدورها . تساعد الأبواب المحترقة والنوافذ المحطمة ، نتيجة مالها من دور في تسريع تهوية الفراغ ؛ على انتشار الحريق واشتداد أواره . يشكِّل الدخان والغازات السامّة ، خطراً حقيقياً على كلٍّ من شاغلي البناء الفارين هرباً من النيران ، وعلى رجال الإطفاء . لذا كان من الضروري ، اتخاذ اجراءات من شأنها إعاقة انتشار الحرائق . إنّ المادة الإنشائية ، بما تملكه من خصائص ، وبما يطبّق عليها وعلى مادّة الإكساء من إجراءات حماية ، لهو الكفيل بإعاقة الحريق ، والحؤول دون انتشاره .

- 1.03 : يمكن أن تصل الحرارة إلى ما يقارب (1200 °C) ، إن لم تتخذ إجراءات سريعة لإخماد النيران . يمكن للحرارة بعدئذ ، الإنتقال عبر الجدران ، الأرضيات والأسطح ، آكلة في طريقها مواداً أخرى ، فيتصدّع المبنى ، ومن ثمّ ينهار . إن سلّط رجل الإطفاء ، خرطوم المياه على عنصر إنشائي حرارته عالية جداً ، تعرّض العنصر لتبريد فجائي ، يؤدي فيما بعد ، إلى إضعاف مقاومة العنصر ، للحمولات المطبّقة .

- 1.04 : هناك تجارب يمكننا من خلالها ، إعطاء كلّ مؤثِّر من شأنه رفع مقاومة العنصر للنيران ، ما يستحقُّه من اهتمام . تستخدم نتائج التجارب في تصنيف العناصر الإنشائية الرئيسيّة ، وفقاً لقدرتها على مقاومة النيران . كما أنّ هناك منظّمات متخصِّصة ، تصدر نشرات تستعين بها الشركات الصانعة ، في التوصُّل إلى حلول موفّقة . إنّ من

مهام هذه المنظمات أيضاً ، معاينة منتجات الشركات التجارية ، للتأكّد من دقة مواصفات ما تصدره من منتجات ، والكشف عن مدى مطابقتها للمواصفات المعياريّة العالمية . تنشر المنظمات هذه تقاريرها من وقت لآخر . تهتم النشرات بإرشاد المصمّمين ، إلى أشكال وجمل إنشائيّة مستحدثة ، كما تلفت انتباههم إلى عناصر مركّبة من مجموعة من المواد ، تمّ اكتشافها حديثاً . يمكن لموظّفي هذه المنظمات التخصّصة ، نظراً لخبرتهم الواسعة ، تقديم تصنيفات مقبولة لعناصر إنشائية تمّ اكتشافها حديثاً ، حيث يتم الأخذ بها ، حتى من قبل صدور التشريعات المناسبة بشأنها .

- 1.05 : تعرَّف بعض الأنظمة ، مفهوم مقاومة المواد والمنشآت للنيران ، كما تحدِّد نوعيّة المواد والمنشآت غير القابلة للإحتراق ، ونوعيّة المواد والمنشآت بطيئة الإلتهاب . كما تحوي الأنظمة هذه ، شرحاً مفصلاً لكافّة متطلّبات إجراء التجارب ، والكشف عن تلك الخواص . كما تحوي الأنظمة هذه ، شرحاً مفصّلاً لكافّة متطلبات إجراء التجارب ، والكشف عن تلك الخواص . يعطينا منحني الحرارة ، الدلالات المعياريّة لنمو النيران السريع ، فيما لو تعرضت المنشأة لإرتفاع حراري بسيط ، يمتد لفترة زمنيّة أعظمية ، تقدّر بست ساعات . حيث ستصل الحرارة عندها ، إلى ما يقارب (1200 °C) .

ترتبط درجة مقاومة العنصر أو المنشأة للنيران بالنار المعياريّة ، كما هي معرّفة بنظام البناء . تجرّب عناصر البناء في فرن خاص ، يمكن ضبط حرارته ، بشكل يمكن لنا معه إيصال درجة الحرارة إلى الحدود المعياريّة ، بعد فترات تتراوح ما بين (½ ل ـ ٦) ساعات . ينبغي أن لا تصل شدّة الحرارة التي يتعرّض لها العنصر مستقبلاً على أرض الواقع ، ما وصلت إليه العيِّنة أثناء إجراء التجارب .

- 1.06 : منذ عدّة سنوات ، أخذت الأبحاث وحركة المهندسين ، تتّجه باتجاه معرفة متطلّبات بدء نشوب النيران ، بدل التوجُّه نحو تقدير حمولة النيران الفعليّة ، بمعنى معرفة القيمة الحرارية لمحتويات الأبنية . إلاّ أن ذلك يتطلب إجراء تصنيف ذي طبيعة خاصّة ، والبحث عن معطيات تصميمية جديدة ، تضاف إلى معلوماتنا السابقة . نجد في النظام تجربتان ، ألأولى تناولت بالتحليل موقفاً

للسيّارات ذي طوابق متعدِّدة ، والثانية تناولت بالدرس بناء ذي بلاطات مستوية ، متعدِّد الطوابق . زوّدتنا التجربتان ، بمعلومات غزيرة ذات فائدة هائلة . أثبتت التجربة الثانية ، أنّ لوضع الدعمة العاموديّة ، داخل حجرة النار ، تأثير ملحوظ على ما تصل إليه درجة حرارتها . كما أنّها توضِّح أنّ لأبعاد المقطع المعدني ، تأثير على ما تصله الدعمة من حرارة ، وأنّ درجة الحماية المطلوبة يمكن حسابها . تعرِّف تشريعات وأنظمة البناء اليوم ، تأثيرات كتلة عنصر الحماية ، بردِّه إلى ما يفي بمتطلّبات وزن أصغري من منشأة معدنيّة .

● اختيار المنشأة :

- **2.01** : تجهّز المنشأة بحوامل من شأنها حمل أرضيّات تمارس ضمنها مختلف الأنشطة ، وسطح يوظّف لتغطية المبنى . تشاد أسطح منشأة كبيرة أو متوسِّطة الأبعاد ، بشكل عام ، من عناصر خفيفة الوزن ، إلّا في حالة الأرضيّات المعلّقة ، إذ عندها تتكرّر بنية الأسقف ، فتتشكّل مما تشكّلت منه البلاطات المتكرِّرة .

- **2.02** : تشاد الأرضيات عادة من البيتون المسلّح ، من قطع خشبيّة ، أو صفائح معدنيّة تفرش فوقها . أمّا السطح فيشاد غالباً ، من كلّ مادّة معروفة . إنّ المنشآت بأنواعها ، وبمختلف طرزها ، معرّضة لأخطار الحريق ، خصوصاً تلك المواد التي لا يحيط بها ، طبقة بيتونية مقاومة للحريق .

- **2.03** : تشاد المنشآت ذات المجازات الممتدة ، كأسطح المستودعات الضخمة وحظائر الطائرات ، من الحديد أو الألمنيوم . لكن ونظراً لارتفاع كلف أنظمة الحماية بالغمر ، ولارتفاع أسعار المرشّات وأقساط التأمين ضدّ الحريق ، فإنّ من الواجب علينا تقييم تلك النفقات ، قبل إقرار الجملة الإنشائيّة الأنسب . تشاد عادة أسطح حظائر الطائرات من أطر فراغية مسبقة الصب ومسبقة الإجهاد ، أمّا أسطح الأبنية الصناعيّة ، فتشاد من جوائز شبكيّة ، مصنّعة من البيتون خفيف الوزن .

● وسائل حماية البيتون المسلّح :

- **3.01** : يعدُّ البيتون المسلّح من أكثر المواد الإنشائية الشائعة مقاومة للنيران ، وفي الواقع ، يستخدم البيتون أيضاً لحماية منشآت أخرى . من المتعذّر إحراق البيتون المسلح ، كما من المتعذّر أن يصدر عنه أبخرة ملتهبة ، تصل به إلى درجة الإشتعال ، وبذا يمكن لنا أن نصنّفها ضمن مجموعة المواد الغير قابلة للإحتراق .

- **3.02** : يعتمد تحديد درجة مقاومة المادة للإشتعال بشكل كبير ، على نوعيّة العناصر الداخلة في تركيبة المادّة . إنّ المواد المؤلفة من جزيئات السليكون ، هي المواد الأقلّ مقاومة ، بينما توضع مادتي البحص الصوّاني والغرانيت ، ضمن مجموعة المواد المصنّفة من الدرجة الثانية ، بالنسبة لمقاومة الحريق . أمّا الأحجار الطبيعية المكسّرة ، فهي أكثر مقاومة من الحجر الكلسي . إنّ جزيئات المواد المعرّضة لحرارة عالية أثناء عمليّة التصنيع ، تتيح لنا أداء أفضل ، وهذا ما نراه في أنظمة البناء ، إذ تصنّف مواد كالخبث الرغوي ، الزجاج البركاني ، بقايا الفرن العالي ، كريّات الرماد المتطاير ، كسرات البلوك ومنتجات الصلصال الناري ، مخلّفات الإحتراق الكامل ، وكسرات الحجر الجيري ، ضمن مجموعة المواد الواقعة في الدرجة الأولى ، بالنسبة لمقاومة الحريق . تدخل مجموعة المواد هذه ، ضمن تشكيلة المواد التجاريّة المركّبة ، ذات الأوزان الخفيفة .

- **3.03** : يهن البيتون في حال تعرُّضه للنار ، نتيجة فروقات التمدُّد ما بين الطبقات السطحيّة المعرّضة للحرارة ، وبين الطبقات الداخليّة الأكثر برودة . تسبّب حركة الإسمنت ، كالحركة الناشئة عن تقلّصه نتيجة نقصان الرطوبة ، بالمقارنة مع التمدُّد المستمر للجزيئات المكوِّنة نتيجة زيادة درجة الحرارة ، فروقات حركيّة أخرى ، وكذلك إجهادات إضافيّة .

- **3.04** : يتعرّض حديد التسليح للخطر ، فور تكسُّر البيتون ، إذ أن حديد التسليح موصل جيِّد للحرارة ، كما أنه قادر على إرباء الفروقات في درجة الحرارة . يتحطم البيتون متحوِّلاً إلى شظايا بيتونيّة ، مما يؤدي إلى وصول الحرارة إلى حديد التسليح ، الذي تقلّ مقاومته ، نتيجة ارتفاع درجة حرارته . ينهار العنصر أخيراً ، تحت وطأة الفروقات الحركيّة . إنّ درجة عازليّة

البيتون المسلّح ، كعنصر إنشائي ، أو كمغلّف لمنشأة معدنية ، لهو من الأهمية بمكان . وقد أثبتت التجارب ، كفاءة المواد البيتونية المركّبة من مواد خفيفة الوزن ، وقدرتها العالية على عزل المنشآت .

- **3.05** : كما ترتفع درجة حرارة البيتون المكوّن من خليط من الرمل ، الحصى ، الحجر الرملي وجزيئات من الحجر الجيري ، الخالي من مكوّنات الصخور النارية ؛ كذلك تتغيّر ألوانه من الأحمر الوردي أو الأحمر عند درجة حرارة تتراوح ما بين (300° - 600° C) ، إلى لون رمادي مشوب عند درجة حرارة تتراوح ما بين (600° - 900° C) ، وإلى لون أصفر برتقالي ، إن وصلت حرارة البيتون إلى أكثر من (900° C) .

إن التغيُّرات اللونيّة هذه ، هي تغيُّرات ثابتة ، لذا فهي تساعد على تحديد مدى الخطر الذي وصل إليه العنصر المصنّع من البيتون المسلّح . تتهاوى مقاومة العنصر سريعاً ، حال وصول درجة الحرارة إلى حوالي (250° C) . وعلى الرغم من ظهور المنشأة بمظهر المنشأة المستقرّة عند درجة (600° C) ،

جسور تتعرّض للنيران من وجوهها الثلاث

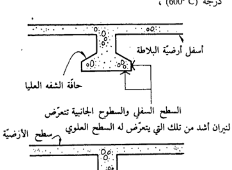
الأرضيّة تتعرّض للنيران من الوجه الأسفل

ارتفاع الطابق

النار

1

الشكل (1 ـ 3) : يظهر الشكل إحدى الجسور الحاملة ، والذي يعد واحداً من المنشآت البيتونية .



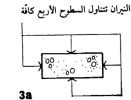
الشكل (2 ـ 3) : يظهر الشكل ، جسوراً مسبقة الإجهاد ، وهي أيضاً واحدة من المنشآت البيتونية .

3.06 : إنّ ترميم منشأة متضرِّرة ، لهو أمر سهل ، إذ من الصعب أن تتجاوز درجة الحرارة (800°C) . إن تعرّى من حديد التسليح ، نتيجة تشقّق وتطاير قطع البيتون ، ما نسبته أقلُّ من ربع السطح الكلي لحديد التسليح ؛ في حال كان حديد التسليح من الحديد القابل للطرق ؛ فإن الضياع المحتمل ، هو ضياع (٢٠ ٪) من مقاومة الحديد عند حدِّ السيلان ، و(١٥ ٪) من المقاومة الإجمالية .

يتعرّض الحديد المصلّد ، في حال تشغيله ، لتأثيرات أكثر خطورة ، لذا كان من الضروري تجربة القطع المقتطعة من القضبان ، للكشف عن مقادير المقاومة المتبقيّة لها . يمكن إرجاع حديد التسليح إلى حالته قبل التشغيل بأساليب مختلفة ، تتنوّع وفقاً لما وصلت إليه أخيراً درجة الحرارة . في حال كانت المنشأة ، تحت وطأة الحمولات المفروضة من الطوابق العليا من جهة ، والنيران من جهة أخرى ، فإنّ درجة الحرارة الحرجة ، لفولاذ التسليح العادي ، هي المساوية لحوالي (550° C) وللأعصاب مسبقة الإجهاد هي المساوية (400° C) . عند درجات الحرارة هذه ، يحتفظ حديد التسليح بحوالي نصف مقاومة الحديد المحاط بدرجة حرارة نظامية .

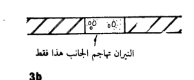
- 3.07 : يمكن للسماكة المعطاة لبيتون حماية حديد التسليح ، وكذلك للسماكة الكليّة للعنصر البيتوني ، ضبط الإرتفاع الحروري الواقع على السطوح المحميّة ، وتقليص التصدُّعات ، وذلك لفترة محدّدة ، يكون العنصر فيها واقعاً تحت ظروف سيئة . تختلف استجابات العناصر وردود فعلها تجاه النيران ، باختلاف اشكالها . لذا تكون الحاجة إلى أساليب حماية متنوّعة ، مقرونة عادة بالحاجة إلى مواد متباينة الخصائص ، فعلى سبيل المثال ، تحتاج الخلطة البيتونية ، المكوّنة من مواد خفيفة الوزن ، إلى مواد حماية بسماكات أقل ، بينما يحتاج الفولاذ المشدود ، إلى مواد حماية بسماكات أكبر ، لكي نستطيع استخدامه ضمن منشآت البيتون المسلح مسبق الإجهاد .

- **3.08** : تضاف مواد الإنهاء ، كالمواد البلاستيكية ، مواد طلاء الجدران ، والأسقف المعلّقة إلى وسائل الحماية . تظهر الفحوصات الحديثة ، أن القيود الداخليّة المركّبة لمقاومة التمدُّدات الحرارية ، يمكن لها زيادة درجة مقاومة العنصر الإنشائي للنيران ، زيادة فعليّة ، حتى أنّ النتائج المتاحة ، لمعظم الأبحاث التي تجرى لتحديد أساليب حماية أكثر كفاءة ، بنت اقتراحاتها على ضرورة أن لا تبنى بلاطات وجسور المنشأة ، ضمن المنشأة ، من غير قيود تركّب على النهايتين المتقابلتين ، بغية الحدِّ من ظاهرة التمدُّد الحراري .



الشكل (3 ـ 3 ـ آ) : يظهر الشكل عموداً مكشوفاً من جوانبه الأربع .

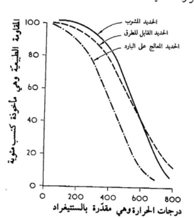
- **3.09** : يمكن أن تتولّى العناصر المحيطية ، مشكلة تزويد المنشأة بقيد حراري ، إن كانت تلك المنشآت خالية من تجاويف تقع ما بينها وبين أطراف جسر أو أرضية المنشأة ، وعند تواجد هذه التجاويف ، يحظّر ملء التجاويف هذه ، بمواد قابلة للإحتراق ، كما ينبغي الحرص على أن تشاد العناصر المحيطيّة ، من مواد مقاومة للإجهادات الحراريّة ، المتولِّدة عن تسخين الجسور أو الأرضيّات .



الشكل (3 ـ 3 ـ ب) : يظهر الشكل عموداً مشاد ضمن جدار من البلوك .

● حماية مشغولات الحديد الإنشائي :

- 4.01 : إنّ الحديد المشغول ، مادّة غير قابلة للإحتراق . عندما يسخّن الحديد ، تستطيل أبعاده إلى أن تصل حدّاً محسوباً ، وتقلّ مقاومته ، أنظر الشكل (٤ ـ ٣) . إنّ الحديد القابل للطرق ، لا يتأثر تأثُراً حقيقياً بارتفاع الحرارة ، إلى أن تصل درجة حرارته إلى حوالي (300° C) ، وعندها فقط تبدأ المقاومة بالتراجع وبشكل سريع ، حيث تصبح مقاومة العنصر عند حدِّ السيلان ، هي نصف ما كانت عليه ، إن وصلت درجة الحرارة إلى حوالي (550° C) ، وإلى عُشْر ما كانت عليه ، إن وصلت درجة الحرارة إلى حوالي (800° C) . يسترجع الحديد عندما يبرد حوالي (٩٠ ٪) من مقاومته الأولية ، وذلك صحيح أيضاً بالنسبة للحديد المشوب . أما الفولاذ المقسّى ، المشغول عادة من قضبانٍ مشغولة على البارد ، أو على شكل أسلاك مسبقة الإجهاد ، فهي مادة سريعة التلف ، تنخفض فيه مقاومة الخضوع إلى النصف ، إن وصلت درجة حرارته إلى حوالي (400° C) . عندما يبرد الفولاذ المقسّى هذا ، يعود إلى الشكل الذي كان عليه قبل التشغيل . ينبغي أن نضع بعين الإعتبار ، الضياع الدائم لقسم من مقاومة الحديد ، كما ينبغي مراعاة ما يمكن أن يصيب مادّة الحديد ، من استطالات دائمة ، نتيجة تعرّضه للحرارة العالية .



الشكل (4 ـ3) : يظهر الشكل مخططاً بيانياً ، يوضّح تغيُّر مقاومة الفولاذ ، تبعاً لتغيُّر درجة الحرارة .

- **4.02** : الحديد موصل جيِّد للحرارة ، لذا فالحرارة تنتقل سريعاً ، لتعمّ كامل أرجاء العنصر .. ولكن للحديد خاصيّة أخرى ، تتمثل بقدرته العالية على تخزين الحرارة ، وهذا ما يجعل عودته إلى الحرارة الطبيعية ، عودة تدريجية بطيئة . تكشف لنا تجارب تعريض المواد لنيران درجاتها معياريّة ، بأنّ الحديد غير المحمي ، يصل إلى درجة القصور والعجز الإنشائي ، بعد مضي فترة تتراوح ما بين (15 - 10) دقيقة ، مما يظهر لنا ضرورة حماية المشغولات الحديديّة ، المصنّعة لأغراض إنشائية ، بأيِّ نوع من أنواع الحماية ، ولو كانت بسيطة ، وذلك لكي نتفادى بها ، ما يمكن أن تسبِّبه لها النيران ، حتى الخفيفة منها ، من أضرار تصيب سلوكها تجاه الحمولات المقرّرة .

- **4.03** : ينبغي أن يكون نظام الحماية المختار ، هو النظام أو الأسلوب الأنسب من كافّة الوجوه ، بما فيها معدّلات الكلفة المناسبة . حوت اللوحة (١ ـ ٣) ، مقارنة ما بين كلف عدد من أساليب المعالجة المتّبعة في حماية مقاطع حديديّة تقليديّة ، تتخذ شكل حرف (I) . ينبغي أن تكون الحماية المطبّقة على السطوح الجانبيّة للقطعة المعدنيّة ، أقلَّ كلفة من تلك المطبّقة على سطح المقطع .

- **4.04** : لقد أجازت أنظمة وتعليمات البناء ، أنواعاً عدّة من أساليب وأنظمة الحماية ، المطبّقة على دعامات شاقوليّة معدنيّة ، وزنها الأصغري يقدّر بـ (44.64 k_g/m) ، وعلى جسور أوزانها الأصغريّة مساوية لـ 29.76 k_g/m) . ونحن بدورنا أوردنا قسماً من تلك المعالجات ، في اللوحات الملحقة بآخر الفصل هذا .

اللوحة (1 ـ 3) : تعطي اللوحة فكرة عن كلف تطبيق عدد من الأساليب ، الهادفة إلى تغطية المنشآت المعدنيّة ، بالمقارنة مع التغطية البيتونيّة .

1	غلاف بيتوني	100
2	غلاف مكوّن من مزيج من مادّة (PVC) مع ألواح الإكساء	95
3	بيتون مسبق الصب خفيف الوزن متشابك مع الكتل	85
4	طلاء قابل للإنتفاخ يحمي العنصر فترة نصف ساعة	75
5		70
6	بانوهات كثيرة التعاريج تقليدية الوظائف	65
7	ألواح مزرّقة بطبقة من الجص	55
8		40
9	رذاذ الأميستوس	40

- **4.05** : يمكننا تحديد القطع بتلك التي أوزانها تزيد عن (44.64 k_g/m) ، من استثناء ثلاثة مقاطع أعمدة ، أوزانها تقل عن الحدّ الأدنى هذا ، مدرجة ضمن التصنيف العالمي لمقاطع الأعمدة ، كما تستثنى مقاطع ثمانية جسور ، أوزانها تقل أيضاً عن الحدّ الأدنى هذا ، مدرجة أيضاً ضمن التصنيف العالمي لمقاطع الجسور ، وذلك إن أريد استخدام وتوظيف الجسور هذه ، كأعمدة حاملة . بينما يمكّننا تحديد وزن أصغري للجسور ، لا يقل عن (29.76 k_g/m) ، من استثناء مقطع خفيف الوزن ، مدرج ضمن تصنيفي الجسور والأعمدة . تتطلّب المقاطع ذات الأوزان الخفيفة ، إجراءات حماية خاصة .

- **4.06** : لقد شرعت بريطانيا في الآونة الأخيرة ، بتجريب الرذاذ المتضخّم ، كبديل عن الطلاء العادي ، وبعد إجراء التحسينات اللاّزمة عليه ، تمكّن المصمّمون من التوصُّل إلى حماية للقطع المعدنية ، تدوم فترة تزيد عن الساعتين ، عن طريق استخدام الرذاذ هذا ، فوق سطوح القطع المعدنية ، بسماكة تتراوح ما بين (3 - 6 m.m) . تعدُّ الطبقة هذه ، وبالسماكة تلك ، طبقة غالية الثمن ، ما لم تستثمر لأغراض تزيينيّة .

- **4.07** : تطبّق إجراءات حماية من النيران ، في كلٍّ من فرنسا والولايات المتحدة الأمريكية ، تتلخّص بملء فراغات وتجاويف الأعمدة بالمياه . إذ تتّصل قواعد وقمم الأعمدة ، بأنابيب ذات أقطار صغيرة ، تشكّل فيما بينها دائرة مغلقة . يمكننا استخدام شبكة الأنابيب هذه ، كجزء من نظام التدفئة بالإشعاع ، إذ تقوم بعكس الحرارة من على سطوحه ، فور تعرُّض العمود لحرارة عالية . يتحرّك الماء الحار نحو الأعلى ، ليحلّ محلّه ماء أبرد ، فتبقى بذلك حرارة القشرة الخارجية للعمود ، أخفض من حرارة الطبقات الداخلية . يمكننا استخدام خزان حراري ، ضمن نظام المشعّات هذه ، وبذلك تتكامل دورة النظام ، وترتفع فعّاليّته .

- **4.08** : إنّ استخدام الأسلوب هذا ، قد يعرّضنا لمشاكل عدّة ، منها احتمال تعرُّض قضبان الحديد المشغول للتأكسد . إلاّ أنّ الأبحاث الحديثة ، المجراة في ميدان الكشف عن خصائص المواد ، قد بيّنت إمكانيّة إنتاج نوعيّة من الحديد ، من صفاته القدرة العالية على مقاومة الظروف المناخية القاسية ، حيث يفرز السطح أوكسيداً يحفظ الطبقات الداخلية من التأكسد . يستخدم هذا النوع من

الحديد ، في الواجهات الخارجية ، وفي المنشآت غير المكسوّة ، حيث لا تصل الحرارة إلى الدرجة الحرجة ، عند تعرّضه للنيران ، نتيجة التبدُّد السريع للحرارة من على سطوحه .

● حماية الألمنيوم :

- 5.01 : لا يستخدم الألمنيوم بشكل واسع في منشآت الأبنية . تقدِّم اللوحة (٢ ـ ٣) ، مقارنة ما بين مادتي الحديد والألمنيوم ، من خلال خواص ثلاثة ، تمتاز بها كلتاهما . عند تعرُّض قطعة الألمنيوم لنار مشتعلة ، تنتقل الحرارة سريعاً من نقطة لأخرى ، إلاّ أنّه ونتيجة لقابليّة انصهار الألمنيوم عند درجة (650° C) ، فإنّ قطعة الألمنيوم تنصهر قبل مضي ثلاثين دقيقة ، من بدء زمن تجربة التعرُّض للنيران .

اللوحة (٢ ـ ٣) مكرّر : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجدران البيتونيّة المسلّحة ، بوجه حرائق محتملة النشوب ، يتعرّض لها وجه واحد فقط من وجوهها الأربع .

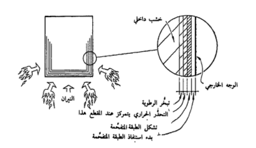
نقطة الإنصهار °C	الموصليّة W/m°C	التمدُّد الحراري °C	
650	230	29×10^{-6}	ألمنيوم
1500	42	11×10^{-6}	حديد

● حماية القطع الخشبيّة الخام :

- 6.01 : بخلاف مجموعة المواد التي تمّ مناقشتها إلى الآن ، يقف الخشب موقفاً خاصاً من النار ، فهو بمثابة وقود لها . لكن وعلى الرغم من أنّ الخشب مادّة قابلة للإحتراق ، إلاّ أن سهولة اشتعاله مرتبطة بدرجة كثافة القطعة الخشبيّة ، بنسبة محتوياتها من الرطوبة ، وبمدى اتساع أبعاد العنصر .

- 6.02 : عند تعريض القطعة الخشبية للنيران ، تندفع الرطوبة التي تشكِّل (١٠ لـ ٢٠ ٪) من وزن القطعة ، إلى خارج الطبقات السطحيّة للقطعة الخشبيّة . تحدث تغيُّرات كيميائيّة بسيطة ، إلى أن تصل الحرارة متراوحة ما بين (270° - 290° C) ، عندها تبدأ الطبقات السطحية المكشوفة للنيران بالتحلُّل ، وبالتالي تبدأ الغازات المنطلقة بالإشتعال . يستمرُّ اللّهب ما دام هناك ما يغذي ارتفاع الحرارة ، من دون ذلك ، ترتدُّ الإشعاعات باتجاه الخلف ، حيث القطعة الخشبيّة ، وبلهب غير كاف ، للحفاظ على سير عمليّة تفسُّخ وتحلُّل القطعة الخشبية .

6.03- : مع استمرار التهاب القطعة ، تتكوّن طبقة متفحّمة ، تقي الطبقة هذه ، الطبقات الداخلية للقطعة الخشبيّة ، من التأثّر بالنيران المشتعلة . تعدُّ الطبقة المتفحّمة ، عازلاً جيّداً ، تفوق عازليته ، عازليّة الخشب الطبيعي ، لذا يتركّز ضياع المقاومة فقط في الطبقات الخارجية المستهلكة وقوداً للنار . تعدُّ الطبقة المتفحّمة طبقة خاملة إزاء حرارة تصل إلى حوالي (500° C) ، فإن تجاوزتها ، تبدأ بالإشتعال والتوهُّج ، فتستهلك الطبقة المتفحّمة تدريجياً . تحترق القطعة الخشبية بمعدّلات ثابتة ، فتغزو المساحة المتفحّمة ، قلب القطعة غير المحترقة ، بمعدّلات أيضاً ثابتة ، انظر الشكل (٥ ـ ٣) .



الشكل (3 ـ 5) : يظهر الشكل ، ما يمكن أن تؤول إليه الطبقات الخشبيّة ، حين تعرّضها للنيران .

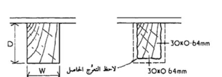
- **6.04** : تدلُّ التجارب المخبرية ، على أن غالبيّة القطع الخشبية ، تحترق بمعدّل يساوي (0.64 m.m) في كلِّ دقيقة ، كما تشير إلى أن تفحُّم القطع الخشبية الأقل كثافة ، تتم بمعدّلات أكبر من تلك التي تتم داخل القطع الخشبيّة الأكثر كثافة . نادراً ما تتأثر قيم المعدّلات هذه ، بحدَّة وشدَّة النيران المعرّضة لها تلك القطع ، ممّا يجعل التنبؤ المسبق والدقيق ، لما تحدثه النيران في هذه القطع ، أمراً ممكناً .

- **6.05** : تجنح التصاميم الحديثة ، نحو تصميم عناصر المنشآت الخشبية ، وتحديد أبعاد مقاطعها ، وفق طرق الحساب التقليدية ، ومن ثم زيادة هذه الأبعاد ، بما يتناسب والضياعات المحتملة من أبعادها ، وذلك لضمان ثبات المنشأة أثناء تعرّضها للنيران ، فترة محددة من الزمن . لنفترض على سبيل المثال ، أنّ الجسر الحامل الموضّح في الشكل (٦ ـ ٢) ، قد صمِّمت أبعاده بما يتناسب والحمولات المقرّرة ، فإن كان من المتوقّع تعرّضه لنيران تتناول جوانبه الثلاثة ، فترة تمتد لحوالي ثلاثين دقيقة ، فمن الواجب زيادة أبعاد مقطعه ، بما يتناسب وفترة تعرّضه للنيران ، وبذا تكون أبعاده الجديدة بعد تعرّضه للنيران ، فترة ثلاثين دقيقة هي :

ارتفاع المقطع = (D - 30×0.64) m.m.

عرض المقطع = (W - 2×30×0.64) m.m

ذلك يعني أن هناك ضياعاً سيحدث في أبعاد المقطع ، يتناول كلّ وجه من الوجوه المكشوفة ، وذلك بعد انقضاء فترة الثلاثين دقيقة ، بسبب تفحُّم الطبقة السطحية ، الذي يستمر في التوغُّل داخلاً ، بمعدّل (0.64 m.m) كلّ دقيقة .



الشكل (6 ـ 3) : يوضِّح الشكل ، كيف يمكن أن تقدّم أجزاء من الجسور الخشبيّة ، قرباناً للنيران .

- **6.06** : تتّخذ للأعمدة الخشبيّة المكشوفة ، والمعرّضة من جوانبها الأربع للنيران ، معدّل تضخّم يساوي (0.83 m.m) كل دقيقة ، وذلك لكون القطع الخشبيّة ، الخاضعة لظروف كهذه ، معرّضة لأن ترتفع حرارتها بشكل أسرع ، من تلك المكشوفة من طرفين أو ثلاثة .

- **6.07** : تتفحّم الجسور أو الأعمدة الخشبيّة ، المشكّلة من صفائح خشبيّة ، تربط بينها لواصق إنشائيّة حاوية على مواد مانعة للعفونة ، بمعدّلات مساوية للمقاطع الخشبيّة الصلدة ، وكذلك تنخفض مقاوماتها ، بنسب تساوي نسب انخفاض مقاومات المقاطع الخشبية الصلدة . إلا أنّ هذه النسب ، لا يمكن تطبيقها ، فيما إذا كانت روابط تلك الصفائح ، المشكّلة معاً للعنصر الإنشائي ، عبارة عن مثبّتات معدنيّة مصنّعة ، ما لم تتميّز تلك المثبّتات ، بالقدرة على البقاء داخل القطع الخشبيّة السليمة ، طوال الفترة المقدّر أن تتعرّض لها القطعة الخشبية لنيران مشتعلة .

يمكننا حساب عناصر الجدران والأرضيّات بنفس الطريقة ، إلا أنه ينبغي إجراء مقارنة ما بين إجراءات الوقاية بطريقة زيادة أبعاد المقاطع ، وأسلوب تطبيق مواد إنهاء مانعة لإنتشار الحرائق ، لنتبيّن أيُّها أكثر اقتصادية

● حماية العناصر المشادة من مواد بنائيّة :

- **7.01** : تتشكّل المواد البنائيّة ، على شكل بلوك أصم ، بلوك خلوي ، كتل بيتونيّة صلدة ، كتل بيتونيّة مفرّغة ، سواء منها ما كان مؤلفاً من مواد حصويّة ثقيلة أم خفيفة الوزن ، ومن كتل بيتونيّة مهوّاة ، وكلها مواد ذات مقاومة عالية للنيران .

- **7.02** : نستطيع تعريض كتل البلوك ، والكتل البيتونية المفرّغة ، والتي لا تتجاوز أحجام فراغاتها ما نسبته (٢٥ ٪) من الحجم الكلي ، لنيران فرن تصل حرارته إلى حوالي (1100° C) ، مدّة أربع ساعات ، دون أن نلحظ انصهاراً ، يصيب سطحه المكشوف مباشرة للنيران ، ومن دون أن نلحظ أيضاً ، تمزُّقات تصيب سطحه ، محوِّلة إيّاه إلى شظايا متناثرة .

تجتاز الإجهادات الحراريّة العالية ، رقائق البلوك كثير التجاويف ، مسبِّبة تشقُّقات تظهر على سطحه . تعدُّ كتل البلوك المهوّاة ، مادّة جيدة العزل ، إلا أنها كمادّة ، تفقد الكثير من مقاومتها ، إن هي تعرضت لحرارة مرتفعة ، لذا ينبغي تصميمها بسماكات زائدة .

- **7.03** : إن ارتفاع الحرارة ، لا يضر بمقاومة الوجه المعرّض لها فحسب ، بل تصيب الجدران الحاملة ، انزياحات تبعدها عن محور التحميل ، فتصبح الحمولات

بذلك حمولات لا مركزية ، وهذا يؤدي فيما بعد ، إلى تقليص قدرة الجدار على استيعاب الحمولة المفروضة ، وبالتالي يؤدي إلى زعزعة استقرار الجدار .

- **7.04** : حوت اللوحات المرفقة بهذا الفصل ، العديد من أساليب حماية الجدران والفواصل المشادة من مواد بنائية ، يستحسن الرجوع إليها لاستيضاحها والعمل بموجبها .

● جداول توضيحية :

- **8.01** : سنعرض في هذه الفقرة ، بعض الجداول التوضيحيّة ، نبيِّن فيها الوسائل التي يمكن لها أن تحمي مختلف أنواع مواد الإنشاء من النيران ، وتحول دون انتشار الحرائق .

تتضمّن الجداول هذه ، وصفاً لمواد الإنهاء ، المطلي بها سطوح المنشآت المشادة من مواد إنشائيّة متباينة ، كما يمكن من خلال هذه الجداول ، تقرير سماكات العناصر المعرّضة للنار ، اللازمة لكي يستطيع العنصر هذا الصمود في وجه النيران ، فترة زمنيّة محدّدة ، تعيِّنها الجداول بناء على سماكة العنصر ، وعلى نوعيّة وسماكة الإنهاءات المنفّذة على سطوحه .

هذا ، ولتسهيل البحث ، قسِّمت الجداول هذه ، بناء على مادّة إنشاء العنصر إلى مجموعات ، قسِّمت كل منها بدورها إلى بنود ، تضمّن كلُّ بند منها عنصراً إنشائياً محدّداً .

* المجموعة الأولى : المنشآت البيتونيّة :

- **8.02** : تتألّف المجموعة هذه ، من جداول نظِّمت لتفي بمتطلّبات وظروف الجدران ، الجسور ، الأعمدة ، والأرضيّات البيتونيّة .

- جدران البيتون المسلّح :

- **8.03** : يمكننا عند استخدام البيتون خفيف الوزن ، تقليص سماكة الجدران ، إلاّ أنّ هذا الإفتراض ، ينبغي أن يتماشى مع نتائج التجارب المجراة ، للتأكّد من صحّة الفرضيّة الأساسيّة المنّوه عنها تلك . ينبغي أولاً أن لا تقل سماكة بيتون تغطية قضبان التسليح عن (15m.m) ، لكي نضمن مقاومة الجدران هذه ، للنيران المعرّضة لها ، في حال نشوب حريق مفاجىء ، زمناً لا يقل عن ساعة واحدة . كما ينبغي أن لا تقل سماكة بيتون تغطية قضبان التسليح عن (25m.m) ، إن أريد لهذه الجدران ، الصمود في وجه النيران ، فترة أطول ، أنظر اللوحة (٢ ـ ٣) .

تعامل الجدران الحاوية على حديد تسليح إنشائي ، أي التي تقل فيها نسبة حجم قضبان التسليح الشاقوليّة ، إلى حجم الجدار عن (١٪) ، معاملة الجدران المشادة من البيتون العادي ، ويستعان لضمان مستلزمات حمايتها من النيران ، بجداول مخصّصة للجدران المشادة من البيتون العادي .

اللوحة (2 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مقارنة ما بين الخصائص الحراريّة ، لكلّ من الألمنيوم والحديد .

سماكة البيتون الأصغريّة مقدّرة بالملم وذلك لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :

وصف لمادّة الإنهاء المستخدمة	ساعة ½	1	1½	2	3	4
بلا	75	75	100	100	150	180
زريقة اسمنتيّة أو كلسيّة يطلى بها سطح أو كلا سطحي الجدار .	75	75	100	100	150	180
طبقة متموّجة من الجص لا تقل سماكتها عن (15m.m) يطلى بها سطحي الجدار الجانبيين .	65	65	75	75	100	125

● إنّ نسبة التركيب الحجمي لطبقة الزريقة الجصيّة المتموّجة تتراوح ما بين (1 : 1½) و(1 :2) .

+ تستخدم في الجدران المعرّض وجهين أو أكثر من وجوهها ، لنيران محتملة النشوب ، الجداول الخاصّة بالأعمدة البيتونيّة المسلّحة .

ـ الجدران المشادة من البيتو ن العادي :

- 8.04 : يمكننا تقرير الحقائق التالية ، الخاصّة باختيار المواصفات القادرة على جمل الجدران المشادة من البيتون العادي ، قادرة على مقاومة النيران ، فترات زمنيّة محدّدة ، وهي :

١ ـ تستطيع الجدران المشادة من البيتون العادي ، والتي تبلغ سماكتها (150m.m) ، مقاومة النيران ساعة من الزمن .

٢ ـ تستطيع الجدران المشادة من البيتون العادي ، والتي تبلغ سماكتها (175m.m) ، مقاومة النيران ساعة ونصف على الأكثر .

ـ الجسور المشادة من البيتون المسلّح :

- 8.05 : توضّح اللوحة (٣ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الجسور المشادة من البيتون المسلّح ، بوجه حرائق محتملة النشوب .

ـ الأعمدة المشادة من البيتون المسلّح :

- 8.06 : توضّح اللوحة (٤ ـ ٣) ، مستلزمات صمود أعمدة مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه نيران تتعرّض لها كافة سطوح العمود ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (3 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود أعمدة مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه حرائق محتملة النشوب .

وصف للمادّة المستخدمة	أبعاد البيتون مقدرة بالملم ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : ساعة ½	1	1½	2	3	4
1 ـ بيتون ذي تسليح كثيف :						
آ ـ سماكة بيتون التغطية المتروك لتغطية حديد التسليح الرئيسي .	15	25	35	45*	55*	65*
ب ـ عرض الجسر الكافي .	80	110	140	180	240	280
2 ـ بيتون ذي تسليح كثيف مطلي بطبقة من الزريقة الإسمنتيّة أو طبقة من الجص سماكتها (15m.m) تركّب فوق شبكة تسليح خفيفة .						
آ ـ سماكة بيتون التغطية المتروك لحماية حديد التسليح الرئيسي .	15	15	20	30	40	50*
ب ـ عرض الجسر الكافي .	70	85	110	170	210	250
3 ـ بيتون ذي تسليح كثيف مطلي بطبقة من الجص المتموّج أورذاذ الأسبستوس سماكة (15m.m) .						
آ ـ سماكة بيتون التغطية المتروك لحماية حديد التسلح الرئيسي	15	15	15	15	15	25
ب ـ عرض الجسر الكافي .	60	60	85	125	145	170
4 ـ بيتون مسامي خفيف الوزن مسلّح تسليحاً إنشائياً .						
آ ـ سماكة بيتون التغطية المتروك لحماية حديد التسليح الرئيسي .	15	20	30	35	45	50
ب ـ عرض الجسر الكافي .	80	100	130	160	200	250

* يستخدم تسليح إضافي ، يتألّف إما من شبكة أسلاك ، لا يقل زنها عن ($0.5Kg/m^2$) ، أي من شبكة أسلاك عدة ، قطر كلٍّ منها (2m.m) ، تحصر بينها مسافات محوريّة لا تزيد عن (100m.m) ، أو من مجموعة من الركائب ، تحصر فيا بينها مسافات محوريّة ، لا تزيد عن (200m.m) . توضع إحدى التركيبتين هاتين ، ضمن بيتون التغطية ، على مسافة لا تبعد عن السطح الخارجي لبيتون التغطية ، أكثر من (20m.m) .

ملاحظات

١ ـ إنّ نسبة التركيب الحجمي لطبقة الزريقة الجصيّة المتموّجة تتراوح ما بين (1 : 1½) و(1 : 2) . بينما تخضع مواصفات رذاذ الأسبستوس ، لما هو مدوّن في جداول المواصفات العامّة .

٢ ـ يفترض وصول النيران إلى أسفل البروزات السقفيّة ، وإلى بقيّة جوانب الجسر ، لذا تتّخذ إجراءات كفيلة بحماية السطوح هذه أيضاً .

٣ ـ عندما تستخدم أكثر من طبقة تسليح واحدة ، تحسب القيمة الكليّة لبيتون الحماية ، لتصبح مساوية للمتوسّط الحسابي للقيم العائدة لبيتون تغطية حديد التسليح المعرّض للشد في كلّ طبقة . إنّ سماكة بيتون الحماية المتروك لتغطية كلّ قضيب من قضبان التسليح ، ينبغي أن لا تقل عن نصف القيمة المدوّنة في اللوحة (٣ ـ ٣) ، مدرجة كما هي مرتبطة بوحدات زمنيّة محدّدة ؛ وأن لا تقل أيضاً عن السماكة المطلوبة ، لفترة صمود تقدّر بنصف ساعة من الزمن ، أيهّما أكبر .

٤ ـ بشكل مشابه ، يمكننا تحديد سماكة بيتون التغطية ، بجمع ناتج ضرب مساحة المقطع العرضي ، العائدة لكل قضيب تسليح أو ركاب «إتريّة» ، بالمسافة المحصورة ما بين القضيب ، وأقرب سطح معرّض للنار . يقسّم ناتج الجمع هذا ، على المساحة الكلّية لمقاطع حديد التسليح ، المخصّصة لمقاومة إجهادات الشد ، والتي تحدّد مساحة مقاطعها عادة ، حسابات الحمولات المقرّرة .

معدّل سماكة بيتون التغطية = $$\frac{As_1C_1+As_2C_2+As_3C_3+ \ldots +As_nC_n}{As_1+ \ldots +As_n}$$

حيث : As_1 : مساحة المقطع العرضي لقضيب أو إتريّة حديد التسليح .

و : C_1 : المسافة المحصورة ما بين سطح القضيب وبين أقرب وجه مكشوف للنار .

اللوحة (4 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود أعمدة مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه نيران تتعرّض لها كافّة سطوح العمود ، لفترات زمنية متفاوتة .

طراز أو أسلوب الإنشاء	أبعاد بيتون التغطية مقدّرة بالملم ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : ساعة ½	1	1½	2	3	4
1 ـ أعمدة بيتونيّة كثيفة التسليح .						
آ ـ البعد المطلوب لمقطع عمود خال من مواد حماية إضافيّة .	150	200	250	300	400	450
ب ـ ألبعد المطلوب لمقطع عمود مغطّى بطبقة بن الجص أو المطلي بطبقة من الزريقة الإسمنتيّة سماكتها تساوي (15m.m) مفروشة عل شبكة تسليح خفيفة .	150	150	150	225	275	300
جـ ـ أبعاد مقطع أعمدة مشادة من البيتون كثيف التسليح مغطّاة بطبقة متموّجة من الجص سماكتها (15m.m) . •	120	120	150	200	225	275
د ـ أبعاد مقطع أعمدة مشادة من بيتون كثيف التسليح مزوّدة بطبقة تسليح إضافيّة مغموسة في بيتون التغطية أو ضمن بيتون مسامي القوام .	150	200	200	225	275	300
2 ـ أبعاد أعمدة مشادة من البيتون المسامي خفيف الوزن وذات التسليح الإنشائي .	150	150	200	225	275	300

• إنّ نسبة التركيب الحجمي لطبقة الزريقة الجصيّة المتموّجة تتراوح ما بين (1 : 1½) و(1 : 2) . أمّا الأسبستوس المرفوذ ، فتتحكّم بنسبه أنظمة البناء الخاصّة .

ملاحظات :

يعد بعد العمود الأصغرى عاملاً هاماً ، تحدّد بموجبه إجراءات مقاومة الحريق . إنّ الأبعاد المعطاة في الجدول ، لها علاقة بالأعمدة المكشوفة المعرّضة للنيران من كافّة سطوحها ، والخاضعة لحمولة ذات خاصيّة مميّزة ، يمكن لنا باستخدام الأحجار الكلسيّة ، أو أيّة مركبات جيريّة أخرى ، تقليص التشقّقات الطرفيّة ، المسمّاة بالتشظية ، وكذلك تقليص أبعاد مقطع العمود . كما يمكننا ذلك ، باستخدام حديد تسليح إضافي ، مغموس في طبقة بيتون التغطية . يتألّف حديد التسليح الإضافي من نسيج من الأسلاك المعدنيّة ، قطر إحداها لا يقل عن (2m.m) ، أو من شبكة أسلاك تسليح ، لا تزيد سماكتها عن (150m.m) . كما يمكن أن تتألّف طبقة التسليح الإضافيّة ، من مادّة مكافئة ، توضع مغموسة في وسط بيتون التغطية ، بحيث لا تزيد المسافة فيما بينها ، وبين السطح الخارجي لبيتون التغطية عن (20m.m) . ينبغي أن لا تزيد سماكة بيتون تغطية قضبان التسليح الأساسيّة عن (40m.m) ، في حال عدم استخدام طبقة التسليح الإضافيّة هذه . إنّ المعطيات المدوّنة هنا ، هي معطيّات صالحة لشبكة تسليح عل شكل قفص مستطيلي أو دائري الشكل .

- **8.07** : توضِّح اللوحة (٥ ـ ٣) ، مستلزمات صمود أعمدة مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه نيران يتعرّض لها وجه واحد من وجوه العمود ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

ـ الأرضيّات المشادة من البيتون المسلّح :

- **8.08** : لا تحوي اللوحة (٦ ـ ٣) ، كافّة أنواع الأرضيّات المعروفة ، ولم تناقش فيها أداء الكثير من الأرضيّات المعروفة . هذا ، ويمكن معرفة كيفيّة أداء الأرضيات ، غير المدرجة في اللوحة ، إزاء النيران ، بتخمين تصرُّفها هذا بالقياس إلى مثيلاتها في اللوحة ، أو اعتماداً على التجربة .

اللوحة (5 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود أعمدة مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه نيران يتعرّض لها وجه واحد من وجوه العمود ، لفترات زمنية متفاوتة .

طراز أو أسلوب الإنشاء	أبعاد بيتون التغطية مقدّرة بالملم ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : s ساعة ½	1	1½	2	3	4
1 ـ أعمدة بيتونيّة كثيفة التسليح .						
آ ـ أبعاد الأعمدة المطلوبة والمنصوبة خالية من معالجات إضافيّة .	75	75	100	100	150	180
ب ـ أبعاد الأعمدة المطلوبة ، المطلية بطبقة مموّجة m من الجص مفروشة على الوجه المعرّض للنيران والبالغة سماكتها (15m.m) .	65	65	75	75	100	125

• كما هو مذكور في حاشية اللوحة (٤ ـ ٣) .

ملاحظة :

يتعرّض للنار وجه واحد من وجوه الأعمدة ، المبنيّة بالكامل ضمن جدران مقاومة للنيران تطبّق المعطيات الواردة في اللوحة (٥ ـ ٣) ، فقط في حال كان سطح العمود محاذ للجدار ، أو عندما يكون الجزء المدفون من العمود ، قادراً إنشائياً ، على تلقي الحمولة المقرّرة ، وذلك ممكن شريطة أن تبعد أيّ فتحة من فتحات الجدار ، عن أقرب عمود مجاور لها ، مسافة لا تقل عن أبعاد العمود الأصغريّة ، المحدّدة في اللوحة (٥ ـ ٣) .

اللوحة (6-3) : توضح اللوحة ، مستلزمات صمود أرضيات مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه نيران ، تتعرّض لها لفترات زمنيّة متفاوتة .

أبعاد بيتون التغطية مقدّرة بالملم ، اللّازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :

وصف للأرضيّة		ساعة ½	1	1½	2	3	4
1 - بلاطات صلدة «مصمتة» . 1 solid	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح	15	15	20	20	25	25
	العمق الكلي * .	100	100	125	125	150	150
2 - بلاطات ذات فجوات . تبلغ مساحة الفجوات أقل من نصف مساحة المادّة الصلدة .	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح .	15	15	20	20	25	25
	سماكة البيتون المتروك أسفل الفجوات .	20	25	30	40	40	50
	العمق الكلي * .	100	110	140	160	175	190
3 - مقاطع صندوقية مفرّغة ، تحوي واحدة أوأكثر من الفجوات الممتدّة طوليّاً .	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح .	15	15	20	20	25	25
	سماكة بيتون أسفل الحافّة «الشفه» .	20	25	30	40	40	50
	العمق الكلي * .	105	130	155	180	205	230
4 - جسور مقاطعها على شكل مشابه لمقلوب حرف «T» ، تحصر فيما بينها كتل بيتونيّة أو صلصاليّة مفرّغة ، تبلغ مساحتها أكثرمن نصف مساحة المادّة الصلدة .	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح .	15	15	20	20	25	25
	عرض شفة المقطع المشابه بشكله لحرف	50	70	80	90	100	125
	العمق الكلي .	100	110	140	160	175	190
5 - أرضية ذات عروق ، تحويكتل صلصاليّة مفرّغة مساحتها أقلّ من نصف مساحة المادّة الصلدة . تطلى أسفل الأرضيّة بطبقة من الجبس سماكتها تساوي (15m.m)	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح .	15	15	20	20	25	25
	عرض شفة المقطع المشابه بشكله لحرف «T»	50	70	80	90	100	125
	العمق الكلي .	100	110	140	160	175	190

اللوحة (6 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود أرضيات مشادة من البيتون المسلّح ، بوجه نيران ، تتعرّض لها لفترات زمنيّة متفاوتة .

وصف للأرضيّة	أبعاد بيتون التغطية مقدّرة بالملم ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :	ساعة ½	1	1½	2	3	4
6 ـ مقاطع ذات شكل مشابه لحرف (T) .	سماكة البيتون السفلي المعطي لحديد التسليح	15	25	35	45**	65**	65**
	سماكة البيتون الجانبي المغطي لحديد التسليح	15	25	35	45	55	65
	عرض الوترة .	60	75	90	115	140	150
	عرض أو سماكة التاج .	90	100	125	125	150	150
7 ـ مقاطع مشابهة بشكلها لقلوب أشكال المجاري المعدنيّة .		15	25	35	45**	55**	65**
		10	15	20	25	30	40
		30	40	45	60	70	75
		90	100	125	125	150	150
8 ـ مقاطع مشابهة بشكلها لقلوب أشكال المجاري المعدنيّة أومشابهة بشكلها لحرف (U) .		15	25	35	45**	55**	65**
	سماكة البيتون السفلي المغطي لحديد التسليح	10	15	20	25	30	40
	سماكة البيتون الجانبي المغطي لحديد التسليح	25	35	40	50	60	70
	عرض الوترة .	65	75	100	100	150	150
	عرض أو سماكة التاج .						

* إنّ المواد المستخدمة هنا هي مواد غير قابلة للإحتراق . كما يمكن للأبعاد المدوّنة هنا ، أن تشمل سماكات عناصر الإنهاء .

** من الضروري هنا تركيب حديد تسليح إضافي ، لضمان استبقاء بيتون التغطية في مكانه .

ملاحظة :

عند تقدير سماكة البيتون ، ينبغي أخذ سماكة المواد المانعة للإحتراق ، وسماكة عناصر الإنهاء بعين الإعتبار . إنّ تأثيرات مواد إنهاء الأسقف ، نراها موضّحة في اللوحة (٧ ـ ٣) .

- **8.09** : توضِّح اللوحة (٧ ـ ٣) ، تأثيرات مواد إكساء الأسقف ، على مقاومة منشآت الأرضيّات المعلّقة للنيران .

ـ الجسور البيتونيّة مسبقة الإجهاد :

- **8.10** : توضِّح اللوحة (٨ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الجسور المشادة من البيتون المسلّح مسبق الإجهاد ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (7 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، تأثيرات مواد إكساء الأسقف ، على مقاومة منشآت الأرضيّات المعلّقة للنيران .

سماكة مادّة الإكساء المستخدمة مقدّرة بالملم ، واللازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تزيد عن مقاومته الأصلية ، فترة تقدّر بـ : ساعة ½	1	1½	2	3	وصف للمادّة المستخدمة في إكساء السقف
10	10	15	15	25	1 ـ تطلى نماذج الأرضيّات الأولى والثانية أو الثالثة الموضّحة في اللوحة (6ـ3) بطبقة من الجبس المموّج أو برذاذ الإسبستوس .
10	10	10	10	15	2 ـ تعلّق صفيحة معدنيّة ممتدّة على طول اسفل الأرضيّات الموضّحة في الفقرتين (4و5) من اللوحة (6ـ3) ، على أن تطلى هذه الصفيحة بطبقة من الجبس المموّج أو برذاذ الإسبستوس .
10	10	15	20	25	3 ـ تعلّق صفيحة معدنيّة ممتدة على طول أسفل كافّة الأرضيّات الموضّحة في اللوحة (6ـ3) ، على أن تطلى هذه الصفيحة بطبقة من الجبس المموّج أوالإسمنت المرمّل .

● إن نسبة التركيب الحجمي لطبقة الزريقة الجصيّة المتموّجة تتراوح ما بين (1 : 1½) و(1 : 2) . أما الأسبستوس المذرّى ، فتتحكّم به أنظمة البناء الخاصّة .

اللوحة (8 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجسور المشادة من البيتون المسلّح مسبق الإجهاد ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنية متفاوتة .

أبعاد بيتون التغطية مقدّرة بالملم ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنّيران تستمر فترة تقدّر بـ :

وصف للمادّة	4	3	2	1½	1	½ hours
1 ـ جسور بيتونيّة ذات تسليح كثيف .1 de						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد لتسليح الرئيسي	100*	85*	65*	50*	40	25
ب ـ عرض الجسر .	280	240	180	140	110	80
2 ـ جسور بيتونيّة كثيفة التسليح مع بلاطات بيتونيّة مموّجة سماكة (15m.m) ، تستخدم كقالب دعم دائم .						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي .	75*	60	45	35	25	15
ب ـ عرض الجسر .	210	170	125	100	70	70
3 ـ جسور بيتونيّة كثيفة التسليح مع بلاطات بيتونيّة مموّجة سماكة (25m.m) تستخدم كقالب دعم دائم						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي .	65	50	35	25	15	15
ب ـ عرض الجسر .	180	140	100	70	60	60
4 ـ جسور بيتونيّة ذات تسليح كثيف مطلية بطبقة من الجبس سماكة (15m.m) مفروشة على شبكة تسليح خفيفة .						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي .	90*	75	50	40	30	15
ب ـ عرض الجسر .	250	210	170	110	85	70
5 ـ جسور بيتونيّة ذات تسليح كثيف مطلية بطبقة مموّجة من الجبس أو بطبقة من رذاذ الإسبستوس سماكة (15m.m) .						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي .	75*	60	45	30	25	15
ب ـ عرض الجسر .	170	145	125	85	60	60

اللوحة (8 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجسور المشادة من البيتون المسلّح مسبق الإجهاد ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنية متفاوتة .

وصف للمادّة المستخدمة	أبعاد بيتون التغطية مقدّرة بالملم ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : ساعة ½	1	1½	2	3	4
6 ـ جسور بيتونيّة ذات تسليح بكثيف معطلية بطبقة مموّجة من الجبس أو بطبقة من رذاذ الإسبستوس سماكة (25m.m) .						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي .	15	15	25	30	45	50
ب ـ عرض الجسر .	60	60	70	85	125	140
7 ـ جسور بيتونيّة ركاميّة القوام ذات تسليح خفيف .						
آ ـ سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي .	20	30	40	50	65	80
ب ـ عرض الجسر .	80	100	130	160	200	250

● يستخدم تسليح إضافي ، يتألّف إمّا من شبكة أسلاك ، لا يقل وزنها عن ($0.5kg/m^2$) ، أي من شبكة أسلاك ممتدة ، قطر كلٍّ منها (2m.m) ، تحصر بينها مسافات محوريّة لا تزيد عن (100m.m) ، أو من مجموعة من الركائب ، تحصر فيما بينها مسافات محوريّة ، لا تزيد عن (200m.m) . توضع إحدى التركيبتين هاتين ، ضمن بيتون التغطية ، على مسافة لا تبعد عن السطح الخارجي لبيتون التغطية ، أكثر من (20m.m) .

ملاحظات : (٨ ـ ٣)

١ ـ إنّ نسبة التركيب الحجمي لطبقة الزريقة الجصّية المتموّجة ، تتراوح ما بين (1½:1) و (2:1) .

٢ ـ تخضع مواصفات رذاذ الأسبستوس ، لما هو مدوّن في جداول المواصفات العامّة .

٣ ـ ينبغي أن لا تقل سماكة مادّة التغطية المستخدمة في حماية العصب من تأثيرات النار فترات متباينة ، عن تلك المدوّنة في اللوحة (٨ ـ ٣) . لا يسمح بتاتاً بأن تقل سماكة مادّة التغطية لأيّ عصب ، عن نصف القيمة الموضّحة في اللوحة ، والمدرجة وفقاً لفترات زمنيّة متباينة ، يراد للعنصر أثناءها ، مقاومة ما يتعرّض له من نيران . كما لا يجوز مطلقاً أن تقل سماكة مادّة التغطية ، عن القيمة المدرجة تحت الفترة المقدّرة بنصف ساعة .

٤ ـ عند تركيب أعصاب مسبقة الإجهاد ، لمقاومة إجهادات الشد الناشئة عن الحمولات المفروضة أو حمولات التشغيل ؛ على شكل عدد من الطبقات ؛ لا بدّ أن تكون سماكة بيتون التغطية ، الموظّف لحماية العنصر ، هي المتوسّط الحسابي للسماكات الفعليّة العائدة لحماية كل طبقة من الطبقات هذه .

٥ ـ تتطلّب الجسور ذات المقاطع المشابهة بشكلها لحرف «I» ، والتي تبلغ سماكة وترتها ، أقل من نصف أو نصف عرض الشفة السفلى ، ركابات عصبيّة مساحتها تساوي (١٥٪) من مساحة الوترة ، كما هي على المسقط .

- الأرضيّات البيتونيّة مسبقة الإجهاد :

- **8.11** : توضّح اللوحة (٩ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الأرضيّات البيتونيّة مسبقة الإجهاد ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (9 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأرضيات البيتونية مسبقة الإجهاد ، بوجه نيران تتعرض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

الأبعاد الأصغريّة للبيتون مقدرة بالملم ، اللازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :

ساعة ½	1	1½	2	3	4		طراز الأرضيات ـ وهي الموضّحة في اللوحة (6 ـ 3)
15	25	30	40	50**	65**	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي	1 ـ بلاطات صلدة «مصمتة» .
90	100	125	125	150	150	العمق الكلي	
15	25	30	40	50**	65**	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي	2 ـ بلاطات ذات فجوات . تبلغ مساحة الفجوات أقل من نصف مساحة المادّة الصلدة وارتفاع الفجوات تزيد عن عروضها .
20	25	30	40	40	50	سماكة المادّة الواقعة تحت التجاويف .	
100	110	140	160	175	190	العمق الكلي .	
15	25	30	40	50**	65**	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح الرئيسي	3 ـ مقاطع صندوقيّة مفرّغة ، تحوي واحدة أو أكثر من الفجوات الممتدة طولياً .
25	25	30	40	50	65	سماكة الشفه السفلى .	
105	130	155	180	205	230	العمق الكلي .	
15	25	30	40	50**	65**	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح .	4 ـ جسور مقاطعها على شكل مشابه لمقلوب حرف «T» ، تحصر فيا بينها كتل بيتونيّة أو صلصاليّة مفرّغة ، تبلغ مساحتها أكثر من نصف مساحة المادّة الصلدة .
50	70	80	90	100	125	عرض شفه الجسر المشابه بشكله لحرف «T»	
100	110	140	160	175	190	العمق الكلي .	
25	40	50**	65**	85**	100**	سماكة بيتون تغطية حديد التسليح السفلي	5 ـ مقاطع ذات شكل مشابه لحرف «T» .
25	40	50	65	85	100	بيتون تغطية حديد التسليح الجانبي .	
60	90	110	150	200	250	عرض الوترة .	
90	100	125	125	150	150	عمق شفة الجسر المشابهة بشكله لحرف «T»	

اللوحة (9 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأرضيات البيتونية مسبقة الإجهاد ، بوجه نيران تتعرض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

طراز الأرضيات ـ وهي الموضّحة في اللوحة (6 ـ 3)	الأبعاد الأصغريّة للبيتون مقدرة بالملم ، اللازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :	ساعة ½	1	1½	2	3	4
6 ـ مقاطع مشابهة بشكلها لمقلوب أشكال المجاري المعدنيّة ، بحيث لا تزيد ساق المجراة عن عمق المقطع .	سماكة بيتون حديد التسليح السفلي .	25	40	50**	65**	85**	100**
	سماكة بيتون حديد التسليح الجانبي .	15	20	25	35	45	50
	عرض ساق الجسر .	30	45	55	75	100	125
	depth or thi عمق أو سماكة التاج .	90	100	125	125	150	150
7 ـ مقاطع مشابهة بشكلها لمقلوب أشكال المجاري المعدنيّة ، بحيث تزيد ساق المجراة عن عمق المقطع exceeding depth of sectio	سماكة بيتون حديد التسليح السفلي .	25	40	50**	65**	85**	100**
	سماكة بيتون حديد التسليح الجانبي .	15	20	25	35	45	50
	عرض الساق .	30	45	50	70	90	110
	عمق أو سماكة التاج .	90	100	125	125	150	150

• إنّ المواد المستخدمة هنا ، هي مواد غير قابلة للإحتراق . كما يمكن للأبعاد المدوّنة هنا ، أن تشمل سماكات عناصر الإنهاء .

•• من الضروري هنا أيضاً ، تركيب حديد تسليح إضافي ، كما في اللوحة (٨ ـ ٣) ، أو تركيب شرائح معدنيّة ، تمتد بشكل مماثل .

ملاحظات :

١ ـ تقدّر معدّلات التغطية عند مقطع ما ، بما يساوي قيمة المتوسّط الحسابي للتغطية الإسميّة ، لكل عصب مكافىء من الأعصاب المعدنيّة مسبقة الإجهاد ، المتواجدة داخل عنصر يقع أسفل المحور المحايد . إلاّ أنّ سماكة التغطية الأصغرية لأيّ عصب ، ينبغي أن لا تقل عن نصف القيمة المدرجة أسفل الفترات الزمنيّة المتباينة . وفي كلّ الأحوال ، لا يجوز أن تكون هذه السماكة ، أقل من السماكة المدرجة تحت فترة النصف ساعة .

٢ ـ إن كانت سماكة بيتون التغطية ، المستخدم في حماية نموذجي الأرضيّات الواردين في الفقرتين (٤ و٥) ، تزيد عن (40m. m) ، فإنّ من الواجب عندها ، إشراك شبكة تسليح توضع ضمن بيتون التغطية ، لكي يحافظ بيتون التغطية على موضعه .

٣ ـ بشكل مشابه ، يمكننا تحسين أساليب حماية أشكال إنشائيّة معطاة ، باستخدام عوازل تركّب كمواد لإكساء السطوح السفلىٰ للأسطح ، أو باستخدام أسقف مستعارة مناسبة ، كما هو موضّح في اللوحة (٦ ـ ٢) .

* المجموعة الثانية : المنشآت المعدنيّة :

- 8.12 : تتألّف المجموعة هذه ، من جداول نظّمت لتفي بمتطلّبات وظروف الجسور والأعمدة المعدنيّة .

اللوحة (10 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأعمدة المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

ـ الأعمدة المعدنيّة :

- 8.13 : توضّح اللوحة (١٠ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الأعمدة المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

ملاحظة : وزن المتر الطولي للدعمة لا يقل عن (44.6 Kg) .

سماكة مادّة الحماية الأصغريّة مقدّرة بالملم ، واللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :

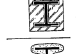
وصف لأسلوب ومواد الإنشاء

الحماية بمواد صلبة

(من دون زريقة)

يحاط العمود المعدني بإطار التغطية دون أن تملأ مادة التغطية الفجوات المتروكة حول العمود . أمّا الوصلات فهي وصلات صلدة .

وصف لأسلوب ومواد الإنشاء	4	2	1½	1	½ hours
1 ـ تتكوّن مادّة التغطية من البيتون العادي ، نسب أحجام مكوّناته هي : 1:2:4 .	50·8	25·4	25·4	25·4	25·4
آ ـ لا يفترض ببيتون الحماية تعزيز مقاومة العنصر ، ولا يفترض به رفع قدرته على التحمّل .	76·2	50·8	50·8	50·8	50·8
ب ـ يطلب من بيتون التغطية تعزيز مقاومة العنصر ، كما يطلب منه رفع قدرته على التحمّل .					
2 ـ كتل صلصاليّة صلدة مؤلّفة من الرمل أو الكلس المخلوط بالرمل .	76·2	50·8	50·8	50·8	50·8
3 ـ كتل صمّاء من الخشب الرغوي ، أو من البيتون المكوّن أساساً من الحجر الخفّاني . يسلّح البيتون عند كلّ وصلة افقيّة .	63·5	50·8	50·8	50·8	50·8
4 ـ اسبستوس مرفوذ يتراوح وزنه مابين ($140-240 Kg/m^3$) .	44·5	19·1	15·9	9·5	9·5
5 ـ رذاذ من الإسمنت	—	38·1	31·8	19·1	12·7





اللوحة (10 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأعمدة المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

وصف لأسلوب ومادّة الإنشاء

سماكة مادّة الحماية الأصفريّة مقدّرة بالملم ، واللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :

الحماية بمواد مفرّغة

1 ـ توجد فجوة ما بين مادة الحماية والعنصر المعدني .
2 ـ تستلزم حماية العناصر المعدنيّة بمواد مفرّغة ، إجراءات من شأنها ضمان سلامة الوصلات ، بحيث تنتفي مبرّرات تسرُّب المياه من إحدى أرضيّات طوابق المبنى

وصف لأسلوب ومادّة الإنشاء	4	2	1½	1	½ hours
6 ـ كتل صلصاليّة صلدة أو كتل من الرمل الجيري . تسلّح الكتل عند كل وصلة أفقيّة ، على أن لا تطلى بطبقة من الزريقة الإسمنتيّة .	114·3	50·8	50·8	50·8	50·8
7 ـ كتل صلدة من الخبث الرغوي أو البيتون الخفّاني . تسلّح الكتل عند كل وصلة أفقيّة ، بحيث تبقى الكتل مكشوفة ، لا تحيط بها أيُّ طبقة من طبقات الحماية .	76·2	50·8	50·8	50·8	50·8
8 ـ شريحة معدنيّة مغطّاة بطبقة من الجبس أو طبقة من الإسمنت المخلوط بالرمل الجيري سماكتها :	—	38·1	25·4	19·1	12·7
9 ـ شريحة معدنيّة مغطّاة بطبقة من البرليت «الزجاج البركاني» مخلوطاً بكميّة من الجبس ، سماكتها :	50·8	19·1	15·9	12·7	12·7
10 ـ شريحة معدنيّة تبعد عن شفاه العمود مسافة (25m.m) ، مطلية بطبقة من الجبس أو بطبقة من الزريقة المؤلفة من الجبس المخلوط بالزجاج البركاني ، سماكتها :	44·5	19·1	12·7	12·7	12·7
11 ـ لوح على شكل زريقة من الجبس .					
آ ـ لوح إكساء سماكته (9.5m.m) ، مطلي بطبقة من الجبس سماكته :	—	—	—	12·7	12·7
ب ـ لوح إكساء سماكته (19m.m) ، مطلي بطبقة من الجبس سماكته :	—	12·7	9·5	6·4	6·4
12 ـ لوح إكساء :					
آ ـ لوح إكساء سماكته (9,5m.m) ، مطلي بطبقة زريقة متموّجة من الجبس سماكتها :	—	15·9	12·7	9·5	6·4
ب ـ لوح إكساء سماكته (19m.m) ، مطلي بطبقة زريقة متموّجة من الجص سماكتها :	31·8**	9·5	9·5	6·4	6·4

اللوحة (10 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأعمدة المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها سطوحها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

وصف لأسلوب ومواد الإنشاء	سماكة مادّة الحماية الأصغريّة مقدّرة بالملم ، واللّازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :				
	4	2	1½	1	½ hours
Metal lath with sprayed asbestos of 13 ـ شريحة معدنيّة مطلية بطبقة من رذاذ الأسبستوس سماكتها :	44·5	19·1	15·9	9·5	9·5
14 ـ عنصر الحماية على شكل بلاطات اسمنتيّة مسلّحة بقضبان حديديّة وبشبكة من الأسلاك . تطلى البلاطات بطبقة رقيقة من الجبس . 15 ـ بلاطات سماكتها :	63·5	25·4	25·4	25·4	25·4
16 ـ ألواح عازلة من الإسبستوس كثافتها تتراوح ما بين (513-881 Kg/m³) ، تثبّت إلى شرائح خشبيّة سماكتها (25 m.m) .	—	25·4	19·1	12·7	9·5

● نستخدم شبكة تسليح وزنها لا يقل عن (0.542kg/m²) : ينبغي أن لا يقل التباعد الأصغري في البيتون عن (150m.m) .

●● نحتاج إلى شبكة تسليح خفيفة ، أقطار قضبانها تتراوح ما بين (12-19m.m) ، توضع أسفل السطح ، ما لم نستخدم درز حاميّة عند الزاوية .

ـ الجسور المعدنيّة :

- **8.14** : توضّح اللوحة (١١ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الجسور المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (11 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجسور المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

ملاحظة : وزن المتر الطولي للعارضة لا يقل عن (30 Kg)

سماكة مادّة الحماية الأصغريّة مقدّرة بالملم ، واللّازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ :

وصف لأسلوب ومادّة الإنشاء			4	2	1½	1	½ hours
الحماية بمواد صلبة (من دون زريقة) بحشر الإطار إلى جوار العنصر المعدني ، دون أن تملأ مادّة الحماية ، الفجوات المتروكة إلى جانبي العنصر ، أمّا الوصلات فهي وصلات صلدة .	الأرضيّة طبقة بيتونيّة	1 ـ تتكوّن مادّة التغطية من البيتون العادي ، نسب أحجام مكوّناته هي : 1:2:4 .					
		آ ـ لا يفترض ببيتون الحماية تعزيز مقاومة العنصر ، ولا يفترض به رفع قدرته على التحمّل .	63·5	25·6	25·4	25·4	25·4
		ب ـ يطلب من بيتون الحماية تعزيز مقاومة العنصر ، كما يطلب منه رفع قدرته على التحمّل .	76·2	50·8	50·8	50·8	50·8
	الأرضيّة	2 ـ اسبستوس مرذوذ تتراوح كميته ما بين (144-240 Kg/m³) .	44·5	19·1	15·9	9·5	9·5
		3 ـ اسمنت مرذوذ على شكل طبقة متموّجة .	—	38·1	31·8	19·1	12·7

اللوحة (11 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجسور المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

ملاحظة : وزن المتر الطولي للعارضة لا يقل عن (30 Kg)

وصف لأسلوب ومواد الإنشاء	سماكة مادّة الحماية الأصفريّة مقدّرة بالملم ، واللّازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : 4	2	1½	1	½ hours
الحماية بمواد مفرّغة 1 ـ توجد فجوة ما بين مادّة الحماية والعنصر المعدني . 2 ـ تستلزم حماية العناصر المعدنيّة بمواد مفرّغة ، إجراءات من شأنها ضمان سلامة الوصلات بحيث تنتفي مبرّرات تسرُّب المياه ، من إحدى أرضيات طوابق المبنى .					
4 ـ شريحة معدنيّة :	—	38·1	25·4	19·1	12·7
آ ـ مطلية بطبقة من الجير والإسمنت سماكتها :	—	22·2	19·1	15·9	12·7
ب ـ مطلية بطبقة من الجبس سماكتها : جـ ـ مطلية بطبقة متموّجة من الجبس أو البرليت سماكة :	31·8	12·7	12·7	12·7	12·7
5 ـ لوح من الجبس مع رباط سلكي :					
آ ـ لوح من الجبس سماكة (9,5 m.m) مطلية بطبقة من الجبس سماكتها :	—	—	—	12·7	12·7
ب ـ لوح من الجبس سماكة (19 m.m) مطلية بطبقة من الجص سماكة :	—	12·7	9·5	6·4	6·4
6 ـ لوح من الجبس مع رباط سلكي :					
آ ـ لوح من الجبس سماكة (9,5 m.m) مسمّر إلى مساند خشبيّة . تطلى الألواح هذه بطبقة من الجص سماكة :	—	—	—	—	4·8
ب ـ لوح من الجبس سماكة (9,5 m.m) مطلي بطبقة متموّجة من الزريقة الجصّية سماكة :	—	15·9	12·7	9·5	6·4
جـ ـ لوح من الجبس سماكة (19 m.m) ، مطلي بطبقة متموّجة من الزريقة الجصّية سماكة :	38·1	9·5	9·5	6·4	6·4
د ـ لوح من الجبس سماكة (19 m.m) ، مطلي بطبقة من الجص سماكة :	—	12·7	—	—	—

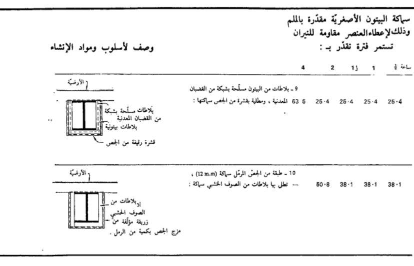
اللوحة (11 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجسور المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

ملاحظة : وزن المتر الطولي للعارضة لا يقل عن (30 Kg)

سماكة مادّة الحماية الأصغريّة مقدّرة بالملم ، واللّازمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : ½ hours	1	1½	2	4	وصف لأسلوب ومادّة الإنشاء	
9·5	9·5	9·5	19·1	44·5	7 ـ شريحة معدنية مطلية برذاذ الاسبستوس ، كثافته تتراوح ما بين (144-240 Kg/m³3) ، وسماكتها تساوي :	الأرضية / شريحة معدنية / فجوة / رذاذ الأسبستوس
9·5	12·7	19·1	25·4	—	8 ـ ألواح عازلة من الاسبستوس كثافته تتراوح ما بين (513-881 Kg/m³) ، مثبّتة إلى حشوات من الاسبستوس سماكة (25 m.m) .	الأرضية / لوح عازل من الاسبستوس مثبّت الى مساند / مساند من الاسبستوس

اللوحة (11 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الجسور المعدنيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

ملاحظة : وزن المتر الطولي للعارضة لا يقل عن (30 Kg)



سماكة البيتون الأصغريّة مقدّرة بالملم وذلك لإعطاء العنصر مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : ساعة ½	1	1½	2	4		وصف لأسلوب ومواد الإنشاء
25·4	25·4	25·4	25·4	63 5	9 ـ بلاطات من البيتون مسلّحة بشبكة من القضبان المعدنية ، ومطلية بقشرة من الجص سماكتها :	
38·1	38·1	38·1	50·8	—	10 ـ طبقة من الجصّ المرمّل سماكة (12 m.m) ، تطل بها بلاطات من الصوف الخشبي سماكة :	

• تستخدم شبكة تسليح لا يقل وزنها عن ($0.542 kg/m^2$) . ينبغي أن لا يقل التباعد الأصغري في البيتون عن (150m.m) .

* المجموعة الثالثة : المنشآت الخشبيّة :

- **8.15** : تتألّف المجموعة هذه ، من جداول نظِّمت لتفي بمتطلّبات وظروف الأرضيّات الخشبية ، والدعامات الجداريّة الشاقوليّة ، الداخلة في بنية الجدران والفواصل الداخليّة الخشبيّة .

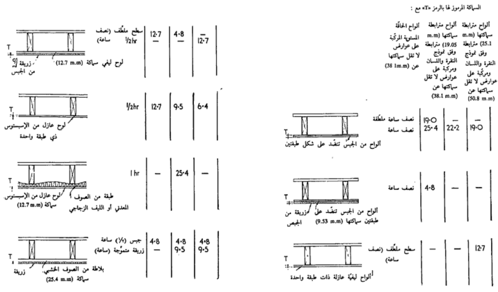
- **8.16** : توضِّح اللوحة (١٢ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الأرضيّات الخشبيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، فترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (12 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأرضيّات الخشبيّة ، بوجه نيران تتعرض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

السماكة المرموز لها بالرمز «T» مع :

الرسم	المدة / المادة	ألواح مترابطة سماكتها (25.1 m.m) مترابطة وفق نموذج النقرة واللسان ومركّبة على عوارض لا تقل سماكتها عن (50.8 m m)	ألواح مترابطة سماكتها (19.05 m.m) مترابطة وفق نموذج النقرة واللسان ومركبة على عوارض لا تقل سماكتها عن (38.1 m.m)	ألواح الحافّة المستوية المركّبة على عوارض لا تقلّ سماكتها عن (38.1m.m)
		العرض C	العرض B	العرض A
ألواح الأرضية fl، عوارض، زريقة pl، شريحة خشبية	نصف ساعة ملطّفة	—	15·9	15·9
	نصف ساعة	15·9	—	—
لوح من الجبس، 8mm شريحة خشبيّة مغطّاة بطبقة من الجبس سماكتها (15.88 m.m)	نصف ساعة	—	9·5	12·7
طبقة زريقة، شريحة معدنيّة	جبص (نصف ساعة)	15·9	15·9	15·9
	جبص (½) ساعة	—	22·23	—
	vermiculite ½ hr	—	12·7	12·7
	طبقة متموّجة ، ساعة	—	12·7	—
طبقة من رذاذ الأسبستوس	½ hr	12·7	—	—
	ساعة	19·0	—	—
لوح من الجص على شكل طبقة واحدة	نصف ساعة ملطّفة	9·5	9·5	12·7
طبقة زريقة، لوح من الجص سماكة (9.53 m.m)	gypsum ½ hr	12·7	12·7	—
	gypsum modified ½ hr	—	—	12·7
	زريقة متموجة (ساعة)	12·7	12·7	—
زريقة من الجبس، لوح جص سماكة (12.7 m.m)	نصف ساعة جبس	4·8	4·8	12·7

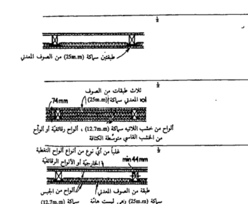
اللوحة (12 ـ 3) : توضِّح اللوحة ، مستلزمات صمود الأرضيّات الخشبيّة ، بوجه نيران تتعرض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .



- **8.17** : توضّح اللوحة (١٣ ـ ٣) ، مستلزمات صمود الدعامات الشاقوليّة ، الخاصّة بالفواصل والجدران الداخليّة الخشبيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (13 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود الدعامات الشاقوليّة ، الخاصّة بالفواصل والجدران الداخلية الخشبيّة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

ملاحظات	مقاومة العنصر للنيران والحالة هذه تستمر فترة تقدّر بـ :
	½ لوح من الجص أبعاده (12.7m.m) 57x74mm وصلة عند العمود على شكل شريحة أو حشوة رقيقة
	½ 12.7mm asbestos insulation board حشوات على شكل ألواح عازلة من الاسبستوس سماكة (9 m.m)



* **المجموعة الرابعة : الجدران البنائيّة :**

- **8.18**: تتألّف المجموعة هذه ، من جداول نظِّمت لتفي بمتطلّبات وظروف الجدران المشادة من البلوك المفرّغ ، ومن الكتل الحجريّة الصمّاء .

- **8.19** : توضّح اللوحة (١٤ ـ ٣) ، مستلزمات صمود جدران صمّاء مفردة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

اللوحة (14 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود جدران صمّاء مفردة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

سماكة المادّة الأصليّة مقدّرة بالملم ، محسوماً منها سماكة مادّة الإكساء ، اللاّزمة لإعطاء العنصر مقاومة للنيران ، تستمر فترة تقدّر بـ :

½ hours	1	1½	2	3	4	6	مادّة الإكساء	طراز المادّة	مادّة الإنشاء	وصف للمادّة
90** 90**	90 90	100 90	100 90	170 100	170 100	200 170	بلا	صلد	بلوك	بلوك ترابي ناري ومن الصلصال أو من الطفل الصفحي
100 90	170 100	170 100	170 170	200 170	200 170	— 200	بلاو/أو	لا تقل صلابته عن (٪75)		
215 215	215 215	215 215	215 215	— 215	— 215	— —		لاتقل صلابته عن (50%)		
215	215	—	—	—	—	—	بلاو/أو	لا تقل صلابته عن (٪40)		
100	100	100	100	—	—	—		خليتان لا تقل صلابة إحداها عن (٪50)	كتلي ، (لا تقل سماكة وترته الخارجيّة عن 13 m.m)	
150	150	150	150	150	150	—		ثلاث خلايا لا تقل صلابتها عن (٪60)		

اللوحة (14 ـ 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود جدران صمّاء مفردة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

وصف للمادّة	شكل المادّة	طراز المادّة	مادّة الإكساء	سماكة مادّة الأصليّة مقدّرة بالملم ، محسوماً منها سماكة مادّةالإكساء ، اللاّزمة لإعطاء العنصر ، مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : 6	4	3	2	1½	1	½ hours
بيتون أو سليكات الكالسيوم	بلوك	صلد	بلا	200 200	190 100	190 100	100 90	100 90	90 90	90 90
بيتون من التصنيف الأوّل	كتلي k	صلد	بلا	150 150	150 100	140 100	100 90	100 90	90 90	90 90
		مفرّغ	بلا	—	—	...	100	100	100	90
بيتون من التصنيف الحبي الثاني	كتلي	صلد	بلا بلاو/أو	— —	— 100	— 100	100 90	100 90	90 90	90 90
		مفرّغ لا تقل صلابته عن (٪50)		— —	— —	— —	— 200	— 200	— 190	190 190
بيتون مهوّى كثافته تتراوح ما بين (480-1200 Kg/m³)	كتلي	صلد		215 180	180 150	140 100	100 100	100 90	90 90	90 90

● تشير الأعداد المدوّنة إلى عدد الخلايا ، في أيّ مقطع عرضي مار من سماكة الجدار .

ملاحظات :

١ ـ يمكن أن تتألّف الخلطة الأولىٰ المستخدمة في تشكيل الكتلة البيتونيّة من : حجر الكلس ، خبث الفرن العالي المبرّد بالهواء ، الخبث الرغوي أو الممدّد ، البلوك المكسّر ، خبث الإشتعال الكامل ، الصلصال الممدّد أو الطفل الصفحي ، الرماد المتطاير المكيّف علىٰ شكل كريّات متلبّدة ، وأخيراً الزجاج البركاني . أمّا الخلطة الثانية الممكنة للكتلة البيتونيّة ، فتتألّف من كافّة أنواع البحص ، وكسرات الحجر الطبيعي ، عدا أحجار الكلس .

٢ ـ ينبغي أن لا تقل سماكة مادّة الإكساء عن (13m. m) ، تهيّأ علىٰ شكل زريقة أو طلاء ، تطلىٰ به كافّة وجوه الجدران مفردة السماكة ، وكذلك الوجه المكشوف من الجدار المفرّغ .

SC: ونعني بها زريقة اسمنتيّة ، خلطت برمل حاو علىٰ مواد جيريّة أو خال منها .

Sg: ونعني بها زريقة جصّية خلطت برمل حاو علىٰ مواد جيريّة أو خال منها .

Sc/Sg: يمكن أن تستبدل بألواح جصّية ، مساوية لها في السماكة ، وبذا نضمن مقاومة للنيران تزيد عن ساعتين .

Vg: ونعني بها زريقة جصّية متموّجة ، نسبة تركيبها الحجمي تتراوح ما بين 1½:1 و (2:1) .

٣ ـ هيكل من البلوك الصلد .

- 8.20 : توضّح اللوحة (١٥ - ٣) ، مستلزمات صمود جدران مفرّغة ، بوجه نيران تتعرّض لها ، لفترات زمنية متفاوتة .

اللوحة (15 - 3) : توضّح اللوحة ، مستلزمات صمود جدران مفرّغة ، بوجه نيران تتعرض لها ، لفترات زمنيّة متفاوتة .

وصف للمادّة	شكل المادّة	طراز المادّة	مادّة الإكساء	سماكة مادّة الأصليّة مقدّرة بالملم ، محسوماً منها سماكة مادّة الإكساء ، اللّازمة لإعطاء العنصر ، مقاومة للنيران تستمر فترة تقدّر بـ : ½ hours	1	1½	2	3	4	6
قرميد ناري من التراب ومن الصلصال أو من الطُفل الصفح	بلوك	صلد	بلا	90	90	100*	100*	100	100	100
قرميد ناري من التراب ومن الصلصال ومن الطُفل الصفحي	كتلي (سماكة وترته الخارجيّة لا تقل عن 13 m.m)	لا تقل صلابته عن (50٪) .	sc/sg	100	100	100	100	—	—	—
		لا تقل صلابته عن (70٪) 7	sc/sg	100	100	100	100	150	150	—
بيتون تصنيفه الحبي من الدرجة الأولى	كتلي	صلد	بلا	90	90	100*	100*	100	100	100
		مفرّغ	بلا	90	100	100	100	100	100	—
بيتون تصنيفه الحبي من الدرجة الثانية	كتلي	صلد	بلا	90	90	100	100	—	—	—
بيتون مهوّى كثافته تتراوح ما بين (480-1200 Kg/m³)	كتلي	صلد	بلا	90	90	100	100	140	150	150

• يمكن أن تنخفض الأرقام هنا لتصبح (90m.m) ، إن كانت الحمولة موزّعة على كلا سماكتي الجدار . أنظر من أجل (1 ,2 ,3)، حاشية اللوحة (٦ - ٣) .



